

REPORT DOCUMENTATION PAGE

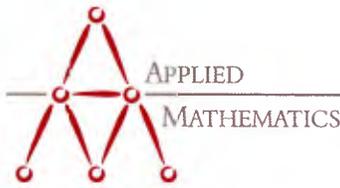
Form Approved OMB No. 0704-0188

Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA 22202-4302, and to the Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (0704-0188), Washington, DC 20503.

1. AGENCY USE ONLY (Leave blank)		2. REPORT DATE 2017	3. REPORT TYPE AND DATES COVERED Thesis	
4. TITLE AND SUBTITLE Bewährtes zu Neuem verknüpfen (From Best Practices to New Applications) Wissenschaftliche Methoden für die Streitkräfte des 21. Jahrhunderts (Scientific Methods for the Forces of the 21st Century)			5. FUNDING NUMBERS	
6. AUTHOR(S) Sandra Matuszewski				
7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) UNIBW			8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER	
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Helmut-Schmidt-Universität Holstenhofweg 85 22043 Hamburg Germany			10. SPONSORING/MONITORING AGENCY REPORT NUMBER	
11. SUPPLEMENTARY NOTES Text in German.				
12a. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Public release. Copyrighted. (1 and 20)			12b. DISTRIBUTION CODE	
ABSTRACT (Maximum 200 words) The constant transformation of the global security environment, new crises and conflict, as well as the social challenges of the 21st century make it necessary to direct the armed forces purposefully and on an order basis. For this purpose, the conception of the Bundeswehr1 sees the support of decision-makers with scientific methods presented by the planning office of the Bundeswehr cross-section for the Bundeswehr to carry out and support and be prepared for the future analysis. Machine assisted translation.				
14. SUBJECT TERMS UNIBW, German, Best Practices, Forces of the 21 st Century			15. NUMBER OF PAGES	
			16. PRICE CODE	
17. SECURITY CLASSIFICATION OF REPORT UNCLASSIFIED	18. SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE UNCLASSIFIED	19. SECURITY CLASSIFICATION OF ABSTRACT UNCLASSIFIED	20. LIMITATION OF ABSTRACT UL	

NSN 7540-01-280-5500

Standard Form 298 (Rev. 2-89)
Prescribed by ANSI Std. Z39-18
296-102



Angewandte Mathematik und Optimierung Schriftenreihe
Applied Mathematics and Optimization Series
AMOS # 64(2017)

Sandra Matuszewski

**Bewährtes zu Neuem verknüpfen –
Wissenschaftliche Methoden für die Streitkräfte
des 21. Jahrhunderts**

Herausgegeben von der
Professur für Angewandte Mathematik
Professor Dr. rer. nat. Armin Fügenschuh

Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg
Fachbereich Maschinenbau
Holstenhofweg 85
D-22043 Hamburg

Telefon: +49 (0)40 6541 3540
Fax: +49 (0)40 6541 3672

e-mail: appliedmath@hsu-hh.de
URL: <http://www.hsu-hh.de/am>

Angewandte Mathematik und Optimierung Schriftenreihe (AMOS), ISSN-Print 2199-1928
Angewandte Mathematik und Optimierung Schriftenreihe (AMOS), ISSN-Internet 2199-1936

Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr

MFIS 2015



HELMUT SCHMIDT
UNIVERSITÄT
Universität der Bundeswehr Hamburg

Masterthesis

„Bewährtes zu Neuem verknüpfen

—

**Wissenschaftliche Methoden für die Streitkräfte des
21. Jahrhunderts“**

"From Best Practices to New Applications

—

Scientific Methods for the Forces of the 21st Century"

vorgelegt von

Major Sandra Matuszewski

Matrikelnummer: 09884350

Inhaltsverzeichnis

A.	Einleitung	1
B.	Hauptteil	4
I.	Zukunftsanalyse Bundeswehr	4
	Ausgewählte Themen der Zukunftsentwicklung	5
	a) Nicht-staatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit.....	6
	b) Umweltdimensionen von Sicherheit.....	7
	c) Geoengineering	9
II.	Zukunftsentwicklung Bundeswehr - die wissenschaftlichen Methoden...	11
1.	Concept Development & Experimentation (CD&E)	11
	a) Aufbau und Ablauf eines CD&E-Vorhabens.....	12
	b) Die Methodik des Experimentierens	17
	c) Konzeptentwicklung	20
	d) Mögliche Fehlerquellen im CD&E-Prozess	22
2.	Modellbildung und Simulation (M&S)	24
	a) M&S allgemein	25
	b) Anwendungen von M&S	29
	c) Grenzen von M&S.....	31
3.	Operations Research (OR)	34
	OR in den Streitkräften	38
4.	Architekturen	43
	a) Das NATO Architecture Framework (NAF)	46
	b) Vorteile und Grenzen der Anwendung der Methode Architektur.....	48
III.	Die Anwendung der wissenschaftlichen Methoden an ausgewählten Beispielen	51
1.	Wargaming	51
	Konfliktsimulation durch Wargaming.....	52

2. Human Factors	55
Human Factors im militärischen Handeln	59
3. Knowledge Development	63
IV. Das Zusammenspiel der wissenschaftlichen Methoden in einem beispielhaften CD&E-Vorhaben	68
1. Motivation zur Durchführung des CD&E-Vorhabens	68
2. Wargame Enhanced LUNA Warrior	69
3. Konzept für das fiktive CD&E-Vorhaben „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“	75
4. Experiment Design Document	90
5. Analyse	103
6. Erkenntnisse aus der Vorstellung des CD&E-Vorhabens am 29. September 2017 in Jagel.....	113
C. Zusammenfassung/ Schluss.....	115
D. Literaturverzeichnis	118
E. Abbildungsverzeichnis.....	126
F. Anlagen	127
Beeinflussende Faktoren aus dem Experiment der Naval Postgraduate School	128
Datenblatt der Firma emt-Penzberg	130
Spielregeln Wargame.....	131
Spielbretter Wargame	135
Auszug aus der Programmierung des OR-Modells	137
Berechnungsbeispiele für das OR-Modell	140
Einweisung der Experimentteilnehmer.....	142
Protokolle Experiment „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“	146
Erklärung	148

A. Einleitung

Der stetige Wandel des weltweiten sicherheitspolitischen Umfelds, neue Krisen und Konfliktherde, sowie die gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts machen es notwendig, die Streitkräfte zielgerichtet und am Auftrag orientiert kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Hierzu sieht die Konzeption der Bundeswehr¹ die Unterstützung der Entscheidungsträger mit wissenschaftlichen Methoden vor, die durch das Planungsamt der Bundeswehr querschnittlich für die Bundeswehr zur Durchführung und Unterstützung der Zukunftsanalyse zur bereitgestellt werden.

Der Forschungsbereich der Zukunftsanalyse befindet sich in der Bundeswehr noch im Aufbau, er wurde erst 2006 überhaupt in den Streitkräften institutionalisiert. Daher war der ursprüngliche Auftrag dieser Arbeit aufzuzeigen, welche weiteren wissenschaftlichen Methoden sich für die Streitkräfte anbieten würden und mit welchem Aufwand diese angewendet werden könnten.

Bei der Recherche zu den wissenschaftlichen Methoden zeigte sich jedoch, dass die Bundeswehr mit den bisher etablierten vier Methoden für die wissenschaftliche Unterstützung Nichttechnischer Studien (NT), Concept Development & Experimentation (CD&E), Modellbildung & Simulation (M&S), Operations Research (OR) und Architekturen (Arch), zumindest in der Theorie bereits über einen guten und umfangreich ausgestatteten Werkzeugkasten zur Zukunftsanalyse verfügt. Jede weitere, noch nicht in den Streitkräften etablierte, bzw. institutionalisierte wissenschaftliche Methode, welche in der Recherche gefunden wurde, erwies sich entweder als ein Anwendungsfall der bereits vorhandenen Methoden oder kam für eine Umsetzung in den Streitkräften nicht in Frage.

Aus diesen Gründen entstand im Verlauf der Arbeit die Idee, durch die Verknüpfung der bestehenden wissenschaftlichen Methoden, eine neue wissenschaftlich basierte Methode zur Entscheidungsunterstützung zu entwickeln.

Dazu wird in Kapitel I dieser Arbeit zunächst das Thema der Zukunftsanalyse näher beleuchtet, um die Anwendung der wissenschaftlichen Methoden in den Gesamtkon-

¹ Vgl. Bundesministerium der Verteidigung (Hrsg.): Konzeption der Bundeswehr (2013), S. 62ff.

text einordnen zu können. In diesem Kapitel wird auch auf ausgewählte Themenfelder der Zukunftsanalyse eingegangen. Dieser Part der Arbeit zeigt, wie umfangreich und vielfältig der Forschungsbereich der Zukunftsanalyse ist und mit welcher Eventualität die Streitkräfte der Zukunft konfrontiert werden können.

Kapitel II dieser Arbeit widmet sich den bewährten und in der Bundeswehr implementierten und institutionalisierten wissenschaftlichen Methoden, CD&E, M&S, OR und Arch. Ziel dieses Vorgehens ist das Klären von Begrifflichkeiten und das Erklären der unterschiedlichen Vorgehensweisen. Damit werden dann auch die theoretischen Grundlagen für die Anwendung der Methoden für das Kapitel IV dieser Arbeit gelegt. Dem Anteil M&S kommt dabei der größte Umfang zu, da M&S hier ein zentrales Element ist.

Die vorgestellten wissenschaftlichen Methoden bilden das Fundament für zahlreiche Anwendungsfälle. In Kapitel III dieser Arbeit werden drei ausgewählte Anwendungsfälle betrachtet, Wargaming, Human Factors (HF) und Knowledge Development (KD). Diese gelten in der Wissenschaft eigentlich als eigenständige wissenschaftliche Methoden, ihre Anwendung wird aber erst durch die Unterstützung mit den o.a. wissenschaftlichen Methoden möglich. Wargaming als Anwendungsfall von M&S, wird im Kapitel IV dieser Arbeit zum Gegenstand der Untersuchung, bei der Wargaming als Methode unmittelbar angewendet wird. Im Rahmen der Auswertung des Untersuchungsgegenstandes wird die wissenschaftliche Methode der Human Factors Analyse zum Thema. Die theoretischen Ausführungen zu dieser wissenschaftlichen Methode sind in dieser Arbeit bewusst knapp gehalten. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen lediglich Crew Resource Management (CRM) als Anwendungsfall von HF und die militärische Anwendung. Das Themenfeld des Knowledge Development wurde als Anwendungsfall für OR, bzw. als Anknüpfungspunkt für die Methode Arch mit aufgenommen.

Nachdem mit den ersten drei Kapiteln die Grundlagen für ein fiktives CD&E-Vorhaben als Rahmen der wissenschaftlichen Methodenanwendung gelegt wird, geht es in Kapitel IV darum, das Zusammenspiel der ausgewählten wissenschaftlichen Methoden Wargaming und OR zu operationalisieren. Hierzu wurde als Bestandteil dieser Arbeit ein Wargame in Form eines Brettspiels entwickelt, welches einen Drohnenflug über einem Einsatzgebiet der Bundeswehr simuliert und dessen Ziel es

ist, irreguläre Kräfte mittels Drohnenaufklärung an der Durchführung eines Anschlages zu hindern. Zusätzlich zu dem Wargame wurde ein PC-basiertes OR-Modell programmiert, welches den Spieler „Drohnenbediener“ im Wargame bei seiner Entscheidung zur Ausplanung des Flugweges zu unterstützen soll. Dieser fiktive CD&E-Ansatz bildete die Vorbereitung für ein Experiment, welches im Ausbildungszentrum des Heeres in Munster durchgeführt wurde. In Munster werden unter anderem die Fluggeräteeinsatzfeldwebel für die Luftgestützte Unbemannte Nahaufklärungsausrüstung, auch als Drohne LUNA bekannt, ausgebildet. Die Funktionalität des theoretisch entwickelten Konzepts konnte in diesem Experiment nachgewiesen werden und somit könnte die neu entwickelte Methode zukünftig für die Ausbildung von bspw. Fluggeräteeinsatzfeldwebeln verwendet werden.

Das für die Vorbereitung und Durchführung des Experiments notwendige OR-Modell wurde durch Frau Leutnant Leonie Johannsmann, einer Studentin des Wirtschaftsingenieurwesens der Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr (HSUBw), im Rahmen ihrer Studienarbeit programmiert und zur Verfügung gestellt, hierfür gilt ihr mein besonderer Dank.

Weiterhin möchte ich bei Herrn Professor Dr. Armin Fügenschuh von der Professur für Angewandte Mathematik an der HSUBw bedanken, der mir zum einen den Impuls für diese Arbeit gegeben hat, zum anderen aber auch jederzeit als Ansprechpartner zur Verfügung stand und die Umsetzung der Idee mit der Programmierung des OR-Modells ermöglicht hat.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank auch Herrn Oberst i.G. Sönke Marahrens und seinem Team von der Unterabteilung IV 3 aus dem Planungsamt der Bundeswehr, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen und mir gerade im Anfangsstadium der Arbeit sehr geholfen haben, mich ins Thema einzuarbeiten und ein Verständnis für die nicht immer leicht zu durchdringende Materie zu entwickeln.

B. Hauptteil

I. Zukunftsanalyse Bundeswehr

„Es kommt nicht darauf an, die Zukunft vorauszusagen, sondern darauf, auf die Zukunft vorbereitet zu sein.“²

Diese Feststellung traf der griechische Politiker und Feldherr Perikles vor fast 2.500 Jahren und mit Blick auf die Zukunftsentwicklung der Bundeswehr scheinen diese Worte auch heute noch gültig zu sein.

Mit der Wiedervereinigung Deutschlands 1989 und dem damit verbundenen Ende des Kalten Krieges schien es, als hätte sich ein sicherheitspolitisches Umfeld entwickelt, welches übersichtlicher und friedlicher ist. Zumindest wirkte es, als wäre die ständige und reale Gefahr eines erneuten Weltkrieges gebannt. Fast alle sicherheitspolitisch relevanten Staaten engagierten sich in den Systemen und Bündnissen kollektiver Sicherheit, seien es die Vereinten Nationen, die OSZE, die NATO oder die EU und signalisierten damit ihren Willen, nach gemeinsamen Regeln zusammenzuarbeiten.³

Die Stabilität dieser Bündnisse und die damit einhergehenden Auswirkungen auf den weltweiten Frieden und die Sicherheit wurden in der Folge durch viele unterschiedliche Faktoren, wie bspw. die weltweite demographische Entwicklung, die Knappheit und ungerechte Verteilung von Ressourcen, die Zerstörung der Umwelt, durch wissenschaftliche und technologische Entwicklungen, sowie durch kulturelle und gesellschaftliche, aber auch durch wirtschaftliche und politische Entwicklungen bedroht.⁴ Damit Deutschland diesen komplexen Bedrohungen entgegen treten kann, ist es zwingend erforderlich, die sicherheitspolitischen Entwicklungen der Zukunft tiefgreifend, ergebnisoffen und weisungsunabhängig zu analysieren, um zu tragfähigen Erkenntnissen zu gelangen und diese in die Weiterentwicklung der Streitkräfte einfließen zu lassen. Das Forschungsgebiet der Zukunftsanalyse ist allgemein ein noch junger, sich in der Entwicklung befindlicher Forschungsbereich. Dies lässt sich auch an der Bundeswehr zeigen, in der die Arbeit an der Zukunftsanalyse erst seit 1996

² Perikles, (um 500 - 429 v. Chr.), athenischer Politiker und Feldherr

³ Vgl. Zentrum für Transformation der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Sicherheitspolitische Zukunftsanalyse - Ausblick auf 2035 - Trends und Entwicklungen, S. 1.

⁴ Vgl. Kaestner, Roland (Hrsg.): Historische Trendanalyse - Vergangenheit verstehen - Zukunft gestalten, S. 24f.

schrittweise systematisiert und seit 2006 in der Bundeswehr institutionalisiert wurden. Die Instrumente und Methoden für dieses hochkomplexe Themenfeld befinden sich dabei in einer permanenten Weiterentwicklung.⁵

Mit Hilfe der kontinuierlichen Zukunftsentwicklung (kZukE), die auf den Erkenntnissen der Zukunftsanalyse aufbaut, sollen die deutschen Streitkräfte auf die erkennbar wahrscheinlichsten neuen Herausforderungen vorbereitet werden. Integraler Bestandteil der kontinuierlichen Zukunftsentwicklung ist neben der Durchführung von Zukunftsstudien auch die Untersuchung und Bewertung von aktuellen Trends und neuen Entwicklungen mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden, wie bspw. Concept Development & Experimentation (CD&E), Modellbildung & Simulation (M&S), Operations Research (OR) oder Architekturen (Arch). Die wissenschaftlichen Methoden der Zukunftsanalyse sollen dabei - einem Seismographen gleich - zur Früherkennung der Entstehung von neuen Bedrohungen und zum Risikomanagement durch Generierung eines fundierten Wissens über mögliche zukünftige Entwicklungen beitragen. Sie sind jedoch nicht dazu geeignet, klare Vorhersagen im Sinne einer Prognose der Zukunft zu liefern.⁶

Ausgewählte Themen der Zukunftsentwicklung

Das Planungsamt der Bundeswehr liefert mit der sicherheitspolitischen Zukunftsanalyse Ideen und Impulse für die zukünftige Ausrichtung der Bundeswehr. Zur Ideenentwicklung werden vor allem Erkenntnisse ziviler wissenschaftlicher Einrichtungen, aber auch von militärischen Experten, sowie von verschiedenen Ressorts des Bundes genutzt. Im Folgenden sollen einige Studienthemen des Planungsamtes der letzten Jahre, inklusive der genutzten Methoden, kurz vorgestellt werden, um zu verdeutlichen, in welchem breiten Spektrum Zukunftsanalyse für die Bundeswehr stattfindet und auf welche vielfältigen Herausforderungen die Streitkräfte zukünftig vorbereitet sein müssen.

⁵ Vgl. Zentrum für Transformation der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Sicherheitspolitische Zukunftsanalyse - Ausblick auf 2035 - Trends und Entwicklungen, S. 2.

⁶ Vgl. Bundesministerium der Verteidigung: Leitlinie Zukunftsentwicklung 2013, S. 4.

a) Nicht-staatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit

Die Fragestellung, welche im Rahmen dieser Studie mittels einer wissenschaftlichen Analyse beantwortet werden soll, ist: „Wie ist die Sicherheit von Staaten – insbesondere jene Deutschlands und seiner Verbündeten – von zukünftigen Konflikten unter Beteiligung von nicht-staatlichen Akteuren in Räumen begrenzter Staatlichkeit betroffen?“⁷

Dazu wurde zunächst der Trend des Bedeutungsgewinns von nicht-staatlichen Akteuren hergeleitet, um daraus mögliche zukünftige Entwicklungen dieses Trends zu beleuchten. Im Weiteren werden konkrete nicht-staatliche Konflikte in Räumen beschrieben. Hierbei wird auf mögliche zukünftige Aktivitäten der Akteure eingegangen und wie sich ihre Rolle in den jeweiligen Räumen verändern kann. Die Studie geht von einem Zeithorizont bis 2040 aus. Es werden Einschätzungen und Annahmen zu möglichen Konfliktkonstellationen getroffen und damit verbundene implizite sicherheitspolitische Auswirkungen dargestellt, um anschließend Handlungsempfehlungen zu geben, wie diesen entgegen gewirkt werden kann.⁸

Ausgehend von den Ergebnissen der Studien zur Zukunftsentwicklung muss es mit Blick auf die Zukunftsanalyse der Bundeswehr die Aufgabe sein, Instrumentarien für die Streitkräfte derart zu entwickeln, dass diese in der Lage sind, den Herausforderungen der Globalisierung entgegen zu treten und effektiv in Räumen begrenzter Staatlichkeit zu wirken. Um dies zu erreichen, müssen verschiedene Handlungsfelder bedient werden, bspw. die Früherkennung und die Erstellung eines einheitlichen Lagebildes, die nicht nur die nicht-staatlichen Akteure und die Räume begrenzter Staatlichkeit selbst, sondern auch deren Verbindungen und Konflikte untereinander berücksichtigen. Diese Maßnahmen müssen in der Folge im ressortübergreifenden und multinationalen Austausch umgesetzt werden, da nur so tatsächlich ein gemeinsames Lagebild aufgebaut werden kann. Die gezielte Einbindung von Kooperationspartnern aus der Wirtschaft, der Wissenschaft und der Zivilgesellschaft verstärken diese Maßnahmen.⁹

⁷ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Study 2012 - Nichtstaatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit, S. 1.

⁸ Vgl. ebd., S. 4f.

⁹ Vgl. ebd., S. 53f., dazu auch: Vgl. Jäger, Thomas/ Thiele, Ralph (Hrsg.): Transformation der Sicherheitspolitik - Deutschland, Österreich, Schweiz im Vergleich, S. 312.

Zugleich ist es erforderlich, auch die eigenen Abhängigkeiten und Verwundbarkeiten zu identifizieren, um eine eigene Resilienz zu ermöglichen und Eventualfallplanungen für Großschadensereignisse vorzuhalten.¹⁰ Ein weiteres Handlungsfeld, um den Bedrohungen nicht-staatlicher Konflikte entgegen zu treten, ist der koordinierte Umgang mit nicht-staatlichen Akteuren. Inhalt dieses Handlungsfeldes ist ein Risikomanagement, welches die Bedrohungsabwehr und die Erhöhung der Resilienz der Gesellschaft miteinander verknüpft und aufbauend auf dem gemeinsamen Lagebild die Frage nach einem sinnvollen Einsatz der Streitkräfte beantworten kann.¹¹

b) Umweltdimensionen von Sicherheit

In Studien zu Umweltdimensionen von Sicherheit wurden durch das Planungsamt gerade zum einen die sicherheitspolitischen Implikationen von Ressourcenknappheit am Beispiel des Peak Oil erläutert und zum anderen Klimafolgen und deren Einflüsse auf die Sicherheit und Stabilität im Nahen Osten und Nordafrika (MENA-Raum¹²) adressiert. Die Untersuchungen der sicherheitspolitischen Auswirkungen im Kontext der Umwelt sind deshalb interessant, weil sowohl der Klimawandel, als auch die Überschreitung des weltweiten Ölförderungsmaximums zu einer Gefährdung der Weltwirtschaft und damit einhergehend, zur sicherheitspolitisch relevanten Desabilisierung ganzer Regionen führen kann. Um solchen Gefährdungen tatsächlich entgegen steuern zu können, bedarf es langfristiger Anpassungen, weshalb der strategischen Früherkennung in diesen Bereichen eine besondere Bedeutung zukommt.¹³

Die Teilstudie zum Peak Oil wurde mittels wissenschaftlicher Analyse durchgeführt, in der Teilstudie zum Klimawandel wurde mit den Methoden von Modellbildung und Simulation gearbeitet, um mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf sicherheitspolitische Entwicklungen darzustellen und daraus mögliche Handlungsoptionen für deutsche Politik abzuleiten. Beide Teilstudien haben einen Zeithorizont bis zum Jahr 2040 betrachtet.

¹⁰ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Study 2012 - Nichtstaatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit, S. 53f., dazu auch: Vgl. Zentrum für Transformation der Bundeswehr, Bereich Streitkräfteeinsatz 2020: Strategische Analyse 2035, Kapitel I bis III und Anhang, S. 78.

¹¹ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Study 2012 - Nichtstaatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit, S. 54.

¹² MENA = Middle East and North Afrika

¹³ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Report - Umweltdimensionen von Sicherheit, S. 9.

Die Teilstudie zum Peak Oil betrachtet die zunehmende Verknappung des Rohstoffs Öl und in Folge dessen mögliche geopolitische Machtverschiebungen und die Entstehung neuer geopolitischer Konstellationen. Laut Erkenntnissen aus der Studie könne dies dann Realität werden, wenn sich die verbleibenden Erdölreserven nur noch auf die sogenannte „strategische Ellipse“, also auf das Gebiet von der arabischen Halbinsel über Zentralasien bis nach Russland, konzentrieren. Dies könnte wiederum dazu führen, dass die noch verbleibenden Exportländer die Abgabe von Öl mit politischen oder wirtschaftlichen Forderungen verknüpfen, um die eigene Bevölkerung am Reichtum des Landes zu beteiligen und bei Nicht-Erfüllen dieser Forderungen die Exportmenge weiter verknappen und sich daran neue Konflikte entzünden.¹⁴

Die Suche nach neuen Ölvorkommen kann zu Auseinandersetzungen in internationalen Gewässern führen, dabei würde auch der Sicherung der Öl-Förderinfrastruktur eine erhebliche Bedeutung zukommen.¹⁵

Die zweite Teilstudie zu Umweltdimensionen von Sicherheit beschäftigte sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Nahen Osten und Nordafrika. Der Klimawandel ist dabei insofern sicherheitspolitisch relevant, weil politisch und ökonomisch überforderte Gesellschaften einem größeren Risiko von Zerfalls- und Destabilisierungsprozessen mit asymmetrischen Konfliktbedrohungen ausgesetzt sind. Zudem werden die betrachteten Regionen besonders unter dem Klimawandel und seinen Folgen zu leiden haben.¹⁶ Die sicherheitspolitische Bedeutung ergibt sich für Deutschland aus den möglichen unmittelbaren Auswirkungen des Konfliktpotenzials dieser Regionen, die in Bürgerkrieg und dem Zerfall der staatlichen Ordnung, Terrorismus, Umweltzerstörung, Piraterie, der organisierten Kriminalität, dem transnationalen Drogenhandel, sowie den Migrations- und Flüchtlingsbewegungen enden können. Weiterhin sind diese Regionen überaus wichtig für die deutsche und die europä-

¹⁴ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Umweltdimensionen von Sicherheit, Teilstudie 1 - Peak Oil - Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen, S. 18f. und S. 27.

¹⁵ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Study 2012 - Nichtstaatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit, S. 26ff.

¹⁶ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Umweltdimensionen von Sicherheit, Teilstudie 2 - Klimafolgen im Kontext - Implikationen von Sicherheit und Stabilität im Nahen Osten und Afrika, S. 17.

ische Energiesicherheit, daneben bieten sie ein nicht unerhebliches Potenzial für wirtschaftliches Wachstum.¹⁷

Im Rahmen der Teilstudie wurden, aufbauend auf den geschilderten Folgen des Klimawandels, mehrere Szenarien modelliert und analysiert. Dabei reichte die Modellierung im Rahmen der Simulationen vom „Staat auf Wachstumskurs“ über die „Musterdemokratie“ bis hin zum „gescheiterten Staat“. Stabilität und Demokratie waren in allen Länderszenarien von wesentlicher Bedeutung, es werden aber auch die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Resilienz der Staaten berücksichtigt.¹⁸

Aus der Studie lassen sich Anhaltspunkte für mögliche Aufträge der Bundeswehr ableiten, welche sich aus der gesamtstaatlichen Aufgabe der Krisenprävention ergeben. Im Rahmen der Förderung von Stabilität könnte die Bundeswehr einen Beitrag zur Sicherheitssektorreform leisten oder im Bereich der strategischen Früherkennung, bspw. durch gezielte Beobachtung und Analyse des sicherheitspolitischen Umfeldes, unterstützen. Auch ein VN-mandatiertes Einsatz unter Berücksichtigung des Parlamentsvorbehaltes erscheint als eine Option.¹⁹

c) Geoengineering

Ziel des vorliegenden Future Topics ist es, sicherheitspolitische Implikationen bei einem Einsatz von Geoengineering aufzuzeigen. Mit dem Begriff Geoengineering werden Eingriffe in das globale Klimasystem bezeichnet, welche das Ziel haben, den Klimawandel abzuschwächen und dem Anstieg der Durchschnittstemperatur entgegen zu wirken.²⁰

Im weiteren Verlauf der Zukunftsstudie wird erläutert, wie Geoengineering eingesetzt werden könnte und welchen Beitrag es zur Vermeidung eines „gefährlichen“ Klimawandels zu leisten vermag. Im Anschluss werden einzelne Länderbeispiele und deren Motivation für einen Eingriff in das Klima dargestellt, sowie damit verbundene

¹⁷ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Umweltdimensionen von Sicherheit, Teilstudie 2 - Klimafolgen im Kontext - Implikationen von Sicherheit und Stabilität im Nahen Osten und Afrika, S. 27ff.

¹⁸ Vgl. ebd., S. 92ff.

¹⁹ Vgl. ebd., S. 143f.

²⁰ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Topic Geoengineering, S. 3.

Risiken, Technologien, rechtlich relevante Rahmenbedingungen und weitere Streitpunkte zum Einsatz von Geoengineering diskutiert.²¹

Die Studie arbeitet heraus, dass bspw. die unterschiedliche Betroffenheit von den Auswirkungen des Klimawandels und die Bereitschaft, Technologien des Geoengineering einzusetzen, ein hohes Konfliktpotenzial haben, da sich von den regionalen oder globalen Nebenfolgen der künstlichen Klimaveränderung betroffene Staaten bedroht fühlen könnten. Sind diese Konflikte nicht friedlich durch Verhandlungen beizulegen, ist eine breite Palette auch nichtfriedlicher Konfliktlösungen denkbar.²²

Die Studie kommt schlussendlich zu dem Ergebnis, dass aufgrund der noch nicht ausgereiften Technologien, ein Einsatz von Geoengineering derzeit kaum denkbar erscheint und sich somit für die Bundeswehr kein unmittelbarer Handlungsbedarf ergibt. Allerdings müssen die Entwicklung und der Diskurs zu diesem Thema, sowie die Weiterentwicklung von Technologien aufgrund des aufgezeigten Konfliktpotenzials fortlaufend beobachtet werden, da im Falle eines ausbrechenden Konflikts der Einsatz von Streitkräften nicht ausgeschlossen werden kann.²³

²¹ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Topic Geoengineering, S. 3.

²² Vgl. ebd., S. 9.

²³ Vgl. ebd., S. 4 und S. 12.

II. Zukunftsentwicklung Bundeswehr - die wissenschaftlichen Methoden

Die kontinuierliche Zukunftsentwicklung der Bundeswehr soll die Streitkräfte auf die denkbaren Herausforderungen vorbereiten. Mit wissenschaftlichen Methoden trägt sie permanent zur Früherkennung bei, zeigt Trends auf und macht Vorgaben für das Fähigkeits- und Leistungsprofil der Bundeswehr. Im Folgenden soll auf die „klassischen“ wissenschaftlichen Methoden, Concept Development & Experimentation, Modellbildung und Simulation, sowie Operations Research und Architekturen, welche in der Bundeswehr etabliert und institutionalisiert sind, eingegangen werden. Bei der Darstellung der wissenschaftlichen Methoden wird schnell klar, dass unter den Methoden gewisse Abhängigkeiten bestehen, so würden bspw. Operations Research oder Architekturen ohne Modellbildung und Simulation und vice versa nicht funktionieren. Gleichzeitig sind die hier aufgeführten Methoden auch integraler Bestandteil von Concept Development und Experimentation, da sie sich sehr wirksam für die Unterstützung von Experimenten eignen. Dennoch gelten alle hier aufgezeigten Methoden als eigenständig und sind entsprechend etabliert.²⁴

1. Concept Development & Experimentation (CD&E)

Die erste wissenschaftliche Methode, um die Bundeswehr zukunftsfähig aufzustellen, ist Concept Development & Experimentation (CD&E), also die Konzeptentwicklung und ihre experimentelle Überprüfung. Die Anwendung dieser Methode ist ein wesentlicher Bestandteil im Rahmen der Weiterentwicklung der Bundeswehr als „lernende Organisation“. Die Vorgaben zur Neuausrichtung bilden hierfür den Ausgangspunkt für alle CD&E-Vorhaben.²⁵

Die Gründe für die Anwendung der Methode CD&E sind vielfältig: Innovationen, welche zu tiefgreifenden Veränderungen führen sollen, stehen häufig unter enormen Zeit- und Kostendruck. Gleichzeitig soll eine langfristige finanzielle Ressourcenbindung ohne überprüfbare Zwischenergebnisse vermieden werden. In der Regel sind die Projektzusammenhänge komplex, sodass sich die vielfältigen Einflussfaktoren nicht im Voraus abschätzen lassen, da mit der Entwicklung neuer Technologien auch immer wieder neue Handlungs- und Themenfelder entstehen. Im Sinne von CD&E

²⁴ Vgl. Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, S. 13.

²⁵ Vgl. Bundesministerium der Verteidigung (Hrsg.): Konzeption der Bundeswehr (2013), S. 62ff.

wird eine Idee erst dann zur Innovation, wenn sich in einem „Proof of Concept“ ihre praktische Umsetzbarkeit beweisen lässt und sie einen echten Mehrwert für die Praxis generiert. Somit kann frühzeitig anwendbares Innovationspotenzial aufgezeigt werden und mitunter kostspielige und langwierige Fehlentwicklungen bereits in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses entdeckt und vermieden werden.²⁶

a) Aufbau und Ablauf eines CD&E-Vorhabens

Die Methode CD&E ist als iterativer Prozess zu verstehen, der kontinuierlich zwischen den Phasen „Concept Development“ und „Experimentation“ wechselt und somit zu einem schrittweisen Wissenszuwachs führt. Damit wird zum einen ein einsatzreifes Konzept entwickelt, zum anderen aber auch Fehlentwicklungen frühzeitig aufgedeckt. Um den Einfluss einer Vielzahl von Faktoren zu untersuchen, werden im Rahmen von CD&E häufig Experimentserien durchgeführt. Hierzu werden Einzelexperimente logisch miteinander verknüpft, um einen möglichst robusten und umfassenden Erkenntnisgewinn zu generieren, der sich in einen praktischen, nachhaltigen Fähigkeitszuwachs der Streitkräfte umsetzen lässt.²⁷

Dieser iterative Prozess ist aber stets ergebnisoffen und wird abgebrochen, wenn sich unter den gegebenen Rahmenbedingungen bei der Untersuchung der formulierten Idee herausstellt, dass die erhoffte Verbesserung im Fähigkeitsprofil der Streitkräfte nicht oder nur ungenügend erreicht werden kann.²⁸

²⁶ Vgl. Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, S. 11f., dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 17.

²⁷ Vgl. Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, S. 14ff.

²⁸ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 8.

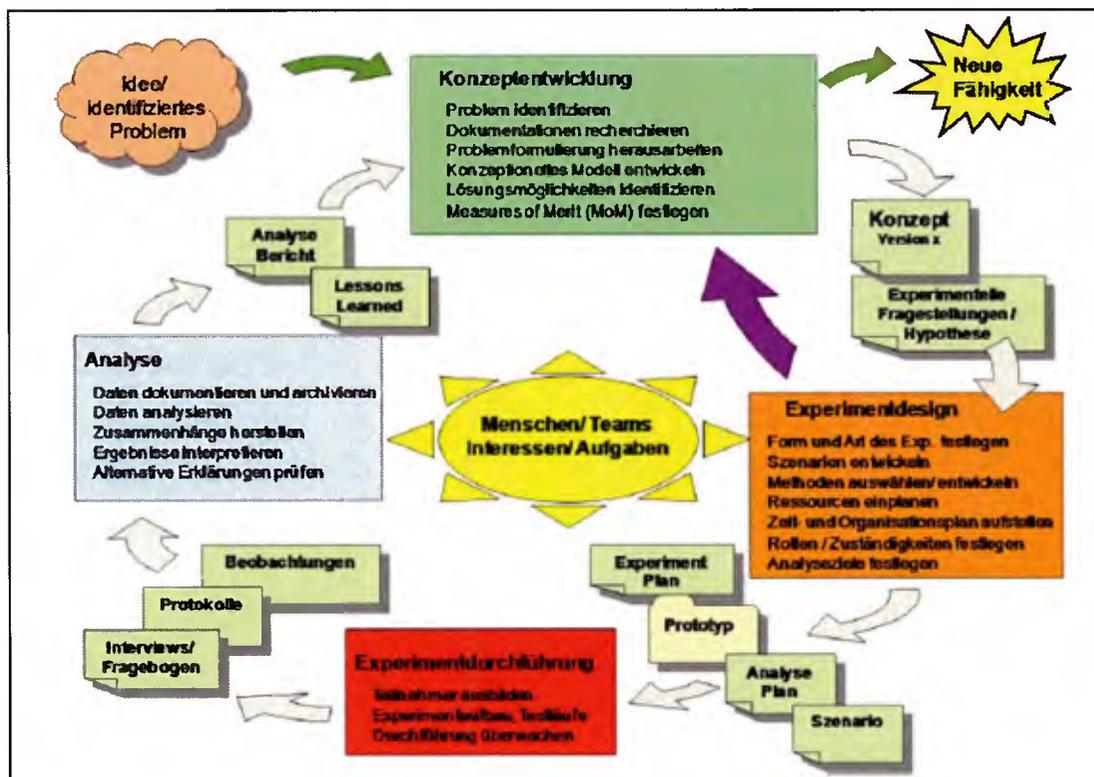


Abbildung 1: Prozess CD&E²⁹

Den Anfang eines CD&E-Vorhabens bildet ein konkretes Problem oder eine neue Idee zum Schließen einer Fähigkeitslücke in den Streitkräften.

Der erste Schritt im CD&E-Prozess ist die Entwicklung eines Konzepts, in welchem das identifizierte Problem, also das erkannte Fähigkeitsdefizit oder das zur Verbesserung vorhandener Fähigkeiten nutzbare Innovationspotenzial, ausführlich dargestellt wird. Bei der Konzeptentwicklung wird hierzu zunächst recherchiert, inwiefern bereits Dokumentationen zum identifizierten Problem vorhanden sind. Im Rahmen der Problemformulierung werden dabei sowohl Hypothesen entwickelt, als auch Lösungsmöglichkeiten identifiziert. Dazu wird ein konzeptionelles Modell entwickelt, welches die vorher meist unscharf formulierten, der Fähigkeitslücke zugrunde liegenden Probleme präzisiert. Dafür werden dann potenzielle Lösungsmöglichkeiten generiert und experimentiert. Wo möglich, sollte das konzeptionelle Modell in Form eines Graphen oder einer Zeichnung im Konzept dargestellt werden, um die Struktur des Problems zu verdeutlichen und das Aufzeigen denkbarer Lösungsansätze zu un-

²⁹ Vgl. Honekamp, Wilfried (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 28.

terstützen. Um das Konzept später überprüfen zu können, ist es zudem notwendig, Bewertungskriterien, die sog. Measures of Merit, festzulegen.³⁰

Der Analyst sollte von Anfang an in die Konzepterstellung eingebunden werden, um einerseits bspw. bei der Literaturrecherche und der Identifizierung von Lösungsmöglichkeiten zu unterstützen, andererseits aber auch um sicherzustellen, dass die formalen Aspekte der Konzeptformulierung eingehalten wurden und das Konzept experimentierfähig ist.³¹ Dabei ist aber stets die notwendige Distanz für die nachgelagerte wissenschaftliche Analyse zu wahren.

Sind das Konzept und die zu seiner Überprüfung erforderlichen experimentellen Fragestellungen, bzw. Hypothesen erstellt, wird in einem nächsten Schritt das Experimentdesign entwickelt.

Im Experimentdesign werden die Form und die Art des durchzuführenden Experiments festgelegt. Dazu wird ein Experimentplan erstellt, in dem alle notwendigen Details für die praktische Durchführung des Experiments beschrieben werden. Außerdem werden bei Bedarf für das Experimentdesign Prototypen entwickelt, mit denen die Konzeptidee realisiert werden kann. CD&E-Vorhaben können auch als Simulationsexperimente durchgeführt werden. Vorteil hierbei ist, dass die Validitätsanforderungen bereits erfüllt sind und sie sich zur Zielerreichung im Rahmen von CD&E-Vorhaben gut eignen. Solche Simulationsexperimente können analytische Planspiele, konstruktive Experimente, „Human in the loop“ Simulationen oder Feldversuche sein. Die Auswahl der Simulationsform ist abhängig davon, ob bspw. das Experiment in Realzeit, mit simulierten oder realen Kräften und in der realen Umgebung oder in einem simulierten Gelände durchgeführt werden soll.³² Mit dem Experimentdesign sind auch die für das Experiment notwendigen Ressourcen auszuplanen und ein Zeit- und Organisationsplan aufzustellen. Außerdem müssen die Rollen und Zuständigkeiten festgelegt und die Teilnehmer für das Experiment ausgewählt und ausgebildet werden. Ressourcen, Zeit und Personal unterliegen grundsätzlich einer

³⁰ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 60 und S. 65ff., dazu auch: Vgl. Deinet, Ulrich/ Sturzenhecker, Benedikt (Hrsg.): Konzepte entwickeln - Anregungen und Arbeitshilfen zur Klärung und Legitimation, S. 59ff. und S. 88ff.

³¹ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 70.

³² Vgl. ebd. S. 73ff.

gewissen Knappheit, deren Verfügbarkeit aber nicht zum bestimmenden Faktor für das gesamte Vorhaben werden darf. Gegebenenfalls sind Redundanzen, bspw. für den Ausfall von IT-Systemen oder Personal einzuplanen. Nur so kann der störungsfreie Ablauf des Experiments gewährleistet werden.³³

Durch den Analysten sind im Rahmen des Experimentdesigns die Analyseziele festzulegen. Hierzu muss beschrieben werden, welche Daten während der Durchführung des Experiments oder gegebenenfalls später erhoben und welche Fragen durch das Experiment beantwortet werden sollen (Data Collection Plan). Diese Erkenntnisse fließen in den zugehörigen Analyseplan ein.³⁴

Schon durch die Erstellung des Experimentdesigns kann es vorkommen, dass Erkenntnisse entstehen, die eine Anpassung des Konzepts bewirken. Dies ist an dieser Stelle des CD&E-Prozesses nicht ungewöhnlich, da Fehler oder Unschärfen in der Concept Formulierung so frühzeitig erkannt und abgestellt werden.³⁵

Ist das Experimentdesign mit allen zugehörigen Komponenten entwickelt, ist der nächste Schritt im CD&E-Prozess die Experimentdurchführung. Dazu sind zunächst die Experimentteilnehmer auszubilden, das Personal einzuweisen und das Experiment gemäß der Vorgaben aus dem Experimentdesign aufzubauen. Hierbei können neue Herausforderungen entstehen, wenn das Experiment in einer unbekanntem oder künstlich geschaffenen Umgebung stattfindet. Eventuell müssen zunächst Testläufe durchgeführt werden, bevor die eigentliche Experimentdurchführung starten kann. Das ist vor allem dann wichtig, wenn für das Experiment IT-Infrastruktur verwendet werden soll.³⁶

Wenn das Experiment läuft, ist die Durchführung zu überwachen und zu protokollieren. Dabei sind ungeplante Eingriffe zu vermeiden, da dies regelmäßig zum Verfälschen der Experimentergebnisse führt. Dennoch muss der Experimentleiter jederzeit

³³ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 73ff., dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 31ff.

³⁴ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 74f.

³⁵ Vgl. ebd. S. 73, dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 32.

³⁶ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 91f.

in der Lage sein, zügig und flexibel auf unvorhergesehene Ereignisse, bspw. auf den Ausfall von Technik oder Personal, reagieren zu können.³⁷

Nach der Durchführung des Experiments oder auch von einzelnen Teilen des Experiments ist von einem unmittelbaren Feedback abzusehen, da auch dies einen Eingriff in den Experimentablauf darstellt und gegebenenfalls die Experimentergebnisse verfälscht.³⁸

Um sicherzustellen, dass bei der späteren Analyse der Experimentergebnisse alle Umstände berücksichtigt werden, ist es von Beginn an notwendig, alle anfallenden Rohdaten zu sammeln und zu archivieren. Dazu gehören bspw. auch die Unterlagen zur Einweisung der Experimentteilnehmer, Feedback der Experimentteilnehmer oder auch die Dokumentation des Zeitablaufs mit allen geplanten und ungeplanten Ereignissen aus dem Experiment.³⁹

Ist das Experiment beendet und die Rohdaten (Beobachtungen, Protokolle und Fragebögen) liegen vor, schließt sich die Analyse-Phase im CD&E-Prozess an, um die im Experiment erhobenen Daten quantitativ und qualitativ auszuwerten. Dazu werden die Daten aus dem Experiment analysiert, dokumentiert und archiviert. Im Zuge der Auswertung wird versucht, Zusammenhänge zwischen den Beobachtungsergebnissen aus dem Experiment herzustellen. Im Weiteren werden die Ergebnisse interpretiert. Hierbei ist es zielführend, auch alternative Erklärungen für Experimentergebnisse zu prüfen. Der Teilschritt der Analyse im CD&E-Prozess dient ausschließlich dazu, die Tauglichkeit des CD&E-Konzepts nachzuweisen; eine Beurteilung der Leistung der Experimentteilnehmer ist grundsätzlich nicht vorgesehen. Die Leistung der Experimentteilnehmer wird nur dann ein Faktor, wenn es sich hierbei um eine Variable zur Beantwortung der experimentellen Fragestellung handelt und dann ebenfalls der Überprüfung der Verwendbarkeit des Konzepts dient.⁴⁰

Aus der Analyse generiert sich der Analysebericht und der Erkenntnisgewinn (Lessons Learned), die entweder dazu führen, dass eine Weiterentwicklung oder Verfei-

³⁷ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 93, dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 33f.

³⁸ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 93.

³⁹ Vgl. ebd., S. 93f.

⁴⁰ Vgl. ebd., S. 99.

nerung des Konzepts und das erneute Durchlaufen der Phasen von CD&E notwendig sind, das Vorhaben aufgrund mangelnder Effizienz oder Effektivität abgebrochen wird oder aber, dass am Ende des Prozesses die neu geschaffene Fähigkeit für die am Anfang definierte Fähigkeitslücke entwickelt wurde, das Konzept also einen gewissen Reifegrad erreicht hat.⁴¹

Die Reflexion der Analyse bildet die fünfte Phase des CD&E-Prozesses. Sie begleitet ein komplettes CD&E-Vorhaben und soll dazu dienen, die Ergebnisse „besser“ zu machen und nach außen zu kommunizieren. Des Weiteren hilft es, die Analyse strategisch richtig auszurichten und die Vorgehensweise der Analyse im laufenden Prozess permanent zu optimieren. Die Reflexionsphase ist ein eigenständiger Anteil des CD&E-Prozesses und gehört nicht zur Evaluation des Gesamtvorhabens. Sie konzentriert sich ausschließlich auf die Verbesserung des Instrumentariums der Analyse, das heißt auf die Qualitätssicherung der Erkenntnisse des Experiments, die Weiterentwicklung der Methodenkompetenz und die Weiterentwicklung der Wissensbasis der Analyse.⁴²

Bei aller theoretischen Erarbeitung eines CD&E-Vorhabens sollte jedoch nie vergessen werden, dass der Mensch, bzw. Teams als Anwender mit ihren Interessen und Aufgaben im Mittelpunkt des gesamten Prozesses stehen, da sie der eigentliche Antrieb für die Durchführung eines CD&E-Vorhabens sind.

b) Die Methodik des Experimentierens

Das Wort „Experimentieren“ kommt aus dem Lateinischen von „experiri = versuchen, erproben“ und meint gemäß Brockhaus im Sinne der naturwissenschaftlichen Betrachtung die „...methodisch-planmäßige Herbeiführung von meist variablen Umständen zum Zwecke wissenschaftlicher Beobachtung...“, als „...wichtigstes Hilfsmittel aller Erfahrungswissenschaften (...), bei denen sich Experimentbedingungen künstlich herbeiführen und reproduzieren lassen.“⁴³

⁴¹ Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 91ff.

⁴² Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 109f.

⁴³ Vgl. Brockhaus: Die Enzyklopädie in vierundzwanzig Bänden, 7. Band, S. 25.

Ein Experiment begründet sich durch den Gegenstand der Untersuchung selbst und durch unabhängige Messverfahren.⁴⁴ Um dem wissenschaftlichen Anspruch und damit auch dem Nutzen für die Wissenschaft selbst gerecht zu werden, wird eine kontrollierte Variation und eine präzise Messung gefordert. Die in der Folge beobachteten Effekte sind genau festzuhalten.⁴⁵

Für verschiedene Wissenschaften sind Experimente bis heute die wichtigste Methode, um wissenschaftliche Beobachtungen durchzuführen und zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Über die Jahre hinweg wurden allgemeingültige und anerkannte Theorien zur Durchführung von Experimenten entwickelt.⁴⁶ Eine Vielzahl dieser Erkenntnisse lassen sich auch auf Experimente im militärischen Bereich übertragen. Allerdings gilt es zu beachten, dass Experimente im Sinne der Wissenschaften, vor allem mit Blick auf den Versuchsaufbau, die Ablaufkontrolle und die Wiederholbarkeit immer einen Idealfall darstellen, der im militärischen Umfeld nur bedingt realisiert werden kann.⁴⁷

Ein Experiment im Sinne von CD&E ist die praktische Überprüfung und Weiterentwicklung eines auf theoretischer Basis erstellten Konzepts, mit dem langfristigen Ziel, eine Verbesserung von militärischen Fähigkeiten herbeizuführen und dabei ausdrücklich die Anwender einzubeziehen, um alle möglichen menschlichen und organisatorischen Faktoren zu berücksichtigen.⁴⁸ Grundlage für die Durchführung von Experimenten im Rahmen von CD&E ist der erwartete Fähigkeitsgewinn, zu dessen Gunsten auch von einem zu starren Festhalten an der wissenschaftlichen Methode abzusehen ist. Elementare Schritte, wie bspw. eine saubere, durchdachte Konzeptentwicklung, sind jedoch unabdingbare Voraussetzung für eine wissenschaftlich korrekte Durchführung derartiger Experimente. Experimente im Rahmen von CD&E

⁴⁴ Vgl. Möller, Dietmar P. F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 119, dazu auch: Vgl. Vollmers, Burkhard: Kreatives Experimentieren - Die Methodik von Jean Piaget, den Gestaltpsychologen und der Würzburger Schule, S. 29ff.

⁴⁵ Vgl. Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, S. 13.

⁴⁶ Vgl. Honekamp, Wilfried (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 19, dazu auch: Vgl. Wolters, Gereon/ Carrier, Martin (Hrsg.): Homo Sapiens und Homo Faber - Epistemische und technische Rationalität in Antike und Gegenwart, S. 119ff.

⁴⁷ Vgl. Honekamp, Wilfried (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 19.

⁴⁸ Vgl. Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, S. 14.

zielen auf eine möglichst realistische Konzeptumsetzung, sie sind also die zielgerichtete, pragmatische Verbindung von theoretischen Überlegungen mit praktischer Überprüfung.⁴⁹

In der wissenschaftlichen Theorie wird zwischen Realexperiment und Gedankenexperiment, welches auch als Symbolexperiment bezeichnet wird, unterschieden. Das Denkschema beider Experimenttypen ist gleich, jedoch unterscheiden sie sich erheblich in der Aussage der Ergebnisse, welche durch die Anwendung der beiden Methoden zustande kommen. Während das Realexperiment zu empirischen Aussagen führt, führt das Gedankenexperiment zu Aussagen über gesetzmäßige Beziehungen. Hierbei werden konstruierte Vorstellungen über einen Untersuchungsgegenstand entsprechend den Grundsätzen der experimentellen Methode systematisch variiert und die Konsequenzen dieser Veränderung abgeleitet. Wendet man dieses Verfahren auf ein mathematisch beschriebenes Modell an, so kann man von Berechnungsexperimenten sprechen, die eine explizitere Form des Gedankenexperimentes sind.⁵⁰

Im Realexperiment wird real in Systeme eingegriffen, sie werden verändert und kontrolliert. Die Sicherstellung der erforderlichen Situationskontrolle ist dabei zwingende Voraussetzung. Jedoch reichen die bisher entwickelten und genutzten Kontrolltechniken (Isolierung, Standardisierung, Bildung von experimentellen Kontrollgruppen, Experimentwiederholung) nicht mehr aus, wenn der Mensch und sein Verhalten Gegenstand der experimentellen Untersuchung ist, da hier aus ethischen Gründen deutliche und unüberschreitbare Grenzen für die Durchführung von Realexperimenten bestehen. Realexperimente unterliegen zudem dem Risiko, dass durch nicht beeinflussbare und unbemerkte Störgrößen die Aussagekraft des Experimentergebnisses verfälscht wird. Solche Störgrößen sind bspw. bewusste oder unbewusste Veränderungen in den Verhaltensweisen der Experimentteilnehmer, die durch Lerneffekte hervorgerufen werden. An dieser Stelle sei auch auf den „Hawthorne-Effekt“ verwiesen. Dieser besagt, dass sobald eine Person oder eine Gruppe merkt, dass sie beobachtet wird oder feststellt, dass sie Bestandteil eines Experiments ist, ihr Verhalten

⁴⁹ Vgl. Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, S. 14.

⁵⁰ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II - Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 11.

aus diesem Grunde ändern kann.⁵¹ Der Versuch, die experimentelle Situation zu verschleiern, um die Wirkung des Effekts zu unterbinden, verbietet sich jedoch aus ethischen Gründen.

c) Konzeptentwicklung

Wie bereits oben dargestellt, soll das Konzept im Rahmen des CD&E-Prozesses die Idee oder das Problem, welche der angestrebten Innovation zu Grunde liegen, ausführlich beschreiben. Ein erstmals erstelltes Konzept ist dabei nicht „in Stein gemeißelt“, sondern wird im iterativen Prozess des CD&E-Vorhabens kontinuierlich verbessert und angepasst.⁵² Das Konzept ist die Basis des gesamten CD&E-Vorhabens, aus diesem Grund ist es vonnöten, von Anfang kreativ und systematisch zu arbeiten, das heißt Nachdenken, ausführlich Recherchieren und umfassende Diskussion, um alle denkbaren Aspekte zu beleuchten und Lösungen zu entwickeln, die das identifizierte Problem bestmöglich beheben.⁵³

Um diesem Anspruch gerecht zu werden, gibt es allgemeine Anforderungen an ein „gutes“ Konzept. Ein Konzept für ein CD&E-Vorhaben sollte verständlich und nachvollziehbar sein und logische Konsistenz aufweisen. Die Einfachheit des Konzepts mit klar strukturierten Arbeitsschritten zur praktischen Handhabbarkeit ist ein weiteres Kriterium. Das dem Konzept gegebenenfalls zu Grunde liegende Szenario sollte plausibel sein, um eine Einarbeitung in die Lage ohne bzw. mit geringer Beteiligung Dritter zu ermöglichen. Die mit dem Konzept zu erarbeitende Methode bzw. Problemlösung sollte eine gewisse Effizienz versprechen. Das heißt, der Erarbeitungsaufwand sollte ein ausgewogenes Verhältnis aus Zeit und Personalressourcen aufweisen. Abschließend sollte das Konzept inhaltliche Trennschärfe zu anderen Vorhaben erzeugen, um die Eindeutigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.⁵⁴

⁵¹ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II - Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 11, dazu auch: Vgl. Deinet, Ulrich/ Sturzenhecker, Benedikt (Hrsg.): Konzepte entwickeln - Anregungen und Arbeitshilfen zur Klärung und Legitimation, S. 20.

⁵² Vgl. Graf, Pedro/ Spengler, Maria: Leitbild- und Konzeptentwicklung, S. 60ff.

⁵³ Vgl. Honekamp, Wilfried (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 27.

⁵⁴ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, PlgABw IV 4 1, Qual Analyse Ustg/CD&E/OR/ARCH: Konzept „Analytische Methode zur Entwicklung von Zukunftsräumen/Szenarien“ für das CD&E-Vorhaben „Unterstützung der Bereitstellung zeitkritischer Problemstellungen im Krisenmanagement“, S. 11.

Am Anfang der CD&E-Konzeptentwicklung stehen meist explorative Analysen im Rahmen von Discovery-Experimenten, um die Validität des konzeptionellen Modells zu überprüfen.⁵⁵ Hierzu werden Experimente in Form von Experten-Workshops, Seminaren oder auch als (computergestützte) Wargames durchgeführt, damit die grundsätzliche Problemstellung der zugrunde liegenden Fähigkeitslücke vollständig erfasst und erste Lösungsideen zur Umsetzung erarbeitet werden können. Um diese Aufgabe optimal und erfolgreich gestalten zu können, ist das Lösen von eingefahrenen Denkmustern, starren Vorschriften und einschränkenden Bedingungen hilfreich.⁵⁶

Das konzeptionelle Modell, welches als Hilfsmittel zur Konzepterstellung dient, beinhaltet eine strukturierte Problemdefinition in Form von einer oder mehreren Hypothesen. Diese werden später experimentell getestet und deren Ergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse zur Überprüfung und Verfeinerung des konzeptionellen Modells und somit auch für die (Weiter-) Entwicklung des Konzepts zur Lösung des Problems. Die im Zuge der Verfeinerung vorgenommenen Änderungen am konzeptionellen Modell sind unbedingt zu dokumentieren, um die Anpassungen jederzeit nachverfolgen und auf neue Erkenntnisse, die sich aus diesen generieren, gezielt reagieren zu können.⁵⁷

Wie oben beschrieben, werden im Rahmen des Konzepts Lösungsmöglichkeiten zur Beseitigung der identifizierten Fähigkeitslücke oder zur Umsetzung der innovativen Idee erarbeitet. Auch hier gilt, je kreativer und losgelöster von starren Denkmustern, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, auch alle denkbaren Lösungsansätze zu berücksichtigen. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, sollte die Lösungssuche zunächst ganz generisch, ohne konkrete technische Lösungen begonnen werden, da

⁵⁵ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 65.

⁵⁶ Vgl. Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, S. 17, dazu auch: Vgl. Graf, Pedro: Konzeptentwicklung, S. 61.

⁵⁷ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 66f., dazu auch: Vgl. Deinet, Ulrich/ Sturzenhecker, Benedikt (Hrsg.): Konzepte entwickeln - Anregungen und Arbeitshilfen zur Klärung und Legitimation, S. 71.

sich im Laufe des Prozesses der Verfeinerung des konzeptionellen Modells eine oder mehrere brauchbare Lösungsansätze durchsetzen werden.⁵⁸

Aus der Konzeptentwicklung ergibt sich, ob im Vorhaben ein Einzelexperiment oder mehrere Experimente durchgeführt werden sollen. Mehrere Experimente bieten die Möglichkeit, das konzeptionelle Modell aus unterschiedlichen Perspektiven zu erfassen, zu analysieren und so einen größeren Erkenntnisgewinn zu generieren. Mit dem Einzelexperiment ist in der Regel die Chance geringer, hinreichende Informationen für die Bewertung der Problemstellung zu erhalten.⁵⁹

d) Mögliche Fehlerquellen im CD&E-Prozess

Aufgrund des Umfangs und der Komplexität des CD&E-Prozesses können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Deshalb soll in diesem Abschnitt kurz auf einige ausgewählte Fehlerquellen eingegangen werden.

Im Rahmen der Konzeptentwicklung kommt es häufiger dazu, dass die Problembeschreibung zu oberflächlich und zu kurz ausfällt. Dies birgt die Gefahr, dass das eigentliche Problem des Aufgabenstellers nicht richtig erkannt und missverständlich beschrieben wird. Ein weiterer Fehler der Konzepterstellung kann die Überfrachtung des Konzepts sein. Da häufig eine Vielzahl von Bereichen von einem Konzept betroffen ist, ist es möglich, dass das Konzept am Ende zu umfangreich wird, weil jeder seine Perspektive berücksichtigen möchte und so das Konzept unrealisierbar wird.⁶⁰

Bei der Planung von militärischen Experimenten im Rahmen von Übungen besteht die Gefahr, dass Experiment und Übung miteinander vermischt werden, weil die unterschiedlichen Zielsetzungen nicht berücksichtigt werden. Dies kann dazu führen,

⁵⁸ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 67, dazu auch: Vgl. Ponn, Josef: Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte, S. 39.

⁵⁹ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 68f., so NICHT: Vgl. Vollmers, Burkhard: Kreatives Experimentieren - Die Methodik von Jean Piaget, den Gestaltpsychologen und der Würzburger Schule, S. 279.

⁶⁰ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 70, dazu auch: Vgl. Graf Pedro/Spengler, Maria: Leitbild- und Konzeptentwicklung, S. 79ff.

dass am Ende weder für die Übung noch für das experimentelle Vorhaben ein Mehrwert generiert werden kann.⁶¹

Experimente aus einem CD&E-Konzept sollen so geplant werden, dass die zu nutzenden Ressourcen und Werkzeuge anhand der identifizierten Problemstellung festgelegt werden. Eine mangelhafte Reserveplanung ist eine mögliche Fehlerquelle bei der Planung von Experimenten. So kann bspw. der Ausfall von Personal oder die nicht-redundante Auslegung von IT-Systemen ein Vorhaben extrem verzögern oder gar scheitern lassen.⁶²

Eine umfassende Einweisung der Experimentteilnehmer ist unerlässlich für die erfolgreiche Durchführung des Experiments. Unterbleibt diese Einweisung, kann es schnell zu einer Demotivation der Teilnehmer kommen, da diese nicht wissen, was von ihnen erwartet wird und dadurch das Gefühl entwickeln, nicht zum Erfolg des Experiments beitragen zu können. Sind die Experimentteilnehmer in das Experiment eingewiesen, ist darauf zu achten, dass sie auch nur die ihnen zugewiesenen Aufgaben ausführen und nicht aufgrund von Übermotiviertheit aktiv an der Verbesserung des Konzepts mitarbeiten wollen.⁶³

Um ein Konzept erfolgreich zu überprüfen, ist Zeit ein unerlässlicher Faktor. Häufig wird bereits zu Beginn eines Vorhabens festgelegt, wann ein Konzept umsetzungsreif sein soll. Somit wird gegebenenfalls sowohl die benötigte Zeit zur Experimentvorbereitung und Durchführung, als auch zur Auswertung künstlich verknüpft und es ist dann auch nicht mehr möglich, unerwarteten Ergebnissen nachzugehen, bzw. ein Scheitern von einzelnen Telexperimenten aufzufangen und Änderungen am geplanten Ablauf vorzunehmen.⁶⁴

Eine weitere Fehlerquelle ist im Umgang mit der Dokumentation zu finden. Zum einen bleiben bereits vorhandene Dokumentationen und Erfahrungen unberücksichtigt, obwohl sie für das eigene Vorhaben wertvolle Informationen liefern könnten,

⁶¹ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 88f., dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 24.

⁶² Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 88f.

⁶³ Vgl. ebd., S. 70.

⁶⁴ Vgl. ebd., dazu auch: Vgl. Ponn, Josef: Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte, S. 43.

zum anderen werden im Zuge der Experimentauswertung auch nicht alle Probleme und Ergebnisse dokumentiert, sodass sie später Anderen bei weiteren Experimenten nicht zur Verfügung stehen.⁶⁵

Ist ein Experiment erfolgreich abgeschlossen, besteht die Gefahr, dass aus der Euphorie heraus nicht genügend Zeit und Ruhe in die Auswertung und Analyse der gesammelten Rohdaten investiert wird. Das kann dazu führen, dass übereilt und oberflächlich Schlussfolgerungen gezogen werden, da Daten und Ergebnisse nicht sorgfältig ausgewertet und interpretiert werden.⁶⁶

Die hier aufgeführten Fehlerquellen machen deutlich, dass es notwendig ist, für die erfolgreiche Durchführung eines CD&E-Vorhabens entsprechende Investitionen zu tätigen, sei es in ausreichend Zeit, in genügend und gut ausgebildetes Personal oder in die richtigen Ressourcen in ausreichender Menge. Außerdem sollte sich immer wieder vor Augen geführt werden, dass der CD&E-Prozess von Menschen für Menschen gemacht wird, sodass Fehler nie ganz zu vermeiden sein werden. Ist allerdings ein entsprechendes Bewusstsein für die möglichen Fehlerquellen vorhanden, ist die Chance gegeben, größere Fehler zu vermeiden und das dem CD&E-Prozess innewohnende Potenzial an Innovationskraft in vollem Umfang nutzbar.

2. Modellbildung und Simulation (M&S)

Die Zukunft ganzer Regionen oder das Leben von Menschen kann davon abhängen, inwiefern es gelingt, zuverlässige Aussagen zum Verhalten von Individuen bei Krieg, Epidemien oder Hungersnöten, von Bauwerken bei Erdbeben oder Stürmen, sowie von Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen bei Unfällen oder Unwettersituationen zu treffen. Am einfachsten wäre es natürlich, das Objekt unter verschiedenen realen Bedingungen zu beobachten, um zuverlässige Aussagen zu seinem Verhalten zu bekommen. In vielen Bereichen ist diese Methode jedoch unangebracht, unzulässig oder schlicht nicht möglich.⁶⁷

⁶⁵ Vgl. Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht Bd. 1, S. 105.

⁶⁶ Vgl. ebd., S. 106.

⁶⁷ Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 2, dazu auch: Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II - Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 11 und Sauerbier, Thomas: Theorie und Praxis von Simulationssystemen, S. 5.

Um die Wirkungsweise dieser komplizierten Systeme in der Realität zu verstehen, haben Menschen von jeher Gedankenmodelle entworfen und simuliert, diskutiert, verändert, verworfen oder in die Tat umgesetzt. Bevor Bauwerke, Maschinen, Flugzeuge oder Schiffe im großen Maßstab gebaut wurden, wurden sie zunächst als kleines Modell erstellt und erprobt.⁶⁸

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels soll zunächst definiert und erklärt werden, was das Wesen von Modellbildung und Simulation kennzeichnet. Der zweite Abschnitt wird einen Einblick in die Anwendung von Modellbildung und Simulation geben

a) M&S allgemein

„Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.“⁶⁹

„Modelle sind Abbilder eines empirischen Originals (Realität), bei denen eine Reduktion auf die als wesentlich unterstellten Beziehungszusammenhänge erfolgt.“⁷⁰

Modelle können eine verkleinerte Form der realistischen Darstellung des Originals, eine Schnittzeichnung oder ein Funktionsdiagramm sein. Sie können die Realität abbilden, mit mathematischen Formeln oder als Computerprogramm dargestellt sein und somit auch die Simulation dynamischen Verhaltens möglich machen oder als strukturiertes Planspiel alte und neue Verhaltensweisen erklärbar oder experimentierbar machen.⁷¹

Modelle und Simulationen können helfen, Entwicklungen in der Realität zu verstehen, Fehler zu vermeiden und letztendlich finanziellen, materiellen oder personellen Schaden abzuwenden bzw. zu minimieren.⁷²

Bereits in den 1920er Jahren wurden elektronische Analogrechner entwickelt, welche Modellbildung und Simulation erlaubten. Bei den Analogrechnern wurde die Eigen-

⁶⁸ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 13.

⁶⁹ Definition Simulation gemäß VDI-Richtlinie 3633.

⁷⁰ Corsten Hans/ Corsten Hilde/ Sartor, Carsten: Operations Research, S. 5.

⁷¹ Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 11, dazu auch: Vgl. Hermann Armin/ Schönbeck, Charlotte: Technik und Wissenschaft, S. 179 und Sauerbier, Thomas: Theorie und Praxis von Simulationssystemen, S. 5f.

⁷² Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 15.

schaft ausgenutzt, dass es in einem bestimmten Gültigkeitsbereich einen Zusammenhang zwischen dem Verhalten von Original und Modell gab und sich so mit dem Modell das Verhalten des Originals simulieren ließ, weil sich Original und Modell in dem Bereich, der von Interesse ist, ähnlich verhalten. Zudem erlaubte die Echtzeitfähigkeit der Analogrechner eine deutlich größere Rechenleistung als algorithmisch programmierte Rechenmaschinen, überdies mit einer größeren Rechenungenauigkeit.⁷³

Mit Hilfe der Elektronik war es erstmals möglich, das Verhalten komplexer dynamischer Systeme wie Flugzeuge oder Fahrzeuge, unter modellhafter Nachbildung von elektronischen Schaltkreisen und mechanischen Schwingungssystemen, durch gleichartige Modelle mit entsprechenden elektronischen Bauteilen darzustellen und damit ihr Verhalten durch Simulation am Analogcomputer nachzuempfinden. Somit konnten erstmals Kosten gespart und Risiken minimiert werden. Die Flug- oder Fahrzeuge mussten nicht erst gebaut und in der Realität erprobt werden. Das Bedienungspersonal konnte einigermaßen gefahrlos geschult und Tests konnten ohne größere Material- und Betriebskosten durchgeführt werden, lange bevor man sich für die Produktion der Flug- oder Fahrzeuge entschied oder diese auf Grund der durchgeführten Simulationen verwarf.⁷⁴

Die schnelle technische Entwicklung von Computern, vor allem die revolutionäre Erfindung des Digitalcomputers und die damit verbundene Aussicht, schnell und genau jede mathematische oder logische Formulierung in beliebiger Kombination abarbeiten zu können, erweiterte die Möglichkeiten der Modellbildung und Simulation auf alles, was sich formalisieren und damit als rechnerische Lösung darstellen lässt.⁷⁵ Der erste vollelektronische Digitalrechner wurde 1948 in den USA gebaut. Als eine der ersten Computersimulation gilt das Fermi-Pasta-Ulam-Experiment, bei dem das Schwingungsverhalten komplexer Systeme untersucht wurde. Konkreter Untersuchungsgegenstand dieser Computersimulation war das Schwingungsverhalten einer Saite, deren Verhalten mit einem nichtlinearen mathematischen Term be-

⁷³ Vgl. Hermann Armin/ Schönbeck, Charlotte: Technik und Wissenschaft, S. 168.

⁷⁴ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 15.

⁷⁵ Vgl. Hermann Armin/ Schönbeck, Charlotte: Technik und Wissenschaft, S. 168 und S. 180, dazu auch: Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 11f.

schrieben wurde.⁷⁶ Der Wissenschaftler Jay W. Forrester entwickelte Mitte der 1950er Jahre die Methodik des System Dynamics als eine weitere Form der Computersimulation. Diese ermöglichte die ganzheitliche Analyse und (Modell-) Simulation komplexer und dynamischer Systeme. Ausgangspunkt war hierbei die Entwicklung einer digitalen Anlage zur flächendeckenden Luftraumüberwachung durch Radarstationen.⁷⁷ Somit konnten Auswirkungen von Ereignissen oder Entscheidungen simuliert und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Damit ist es heute in fast allen Bereichen der menschlichen Realität möglich geworden, bisher kaum überschaubare, komplexe dynamische Entwicklungen als Modell darzustellen, ihr Verhalten zu simulieren und somit begreifbar, aber auch beeinflussbar zu machen.⁷⁸

Dabei zeigt sich, dass der Ansatz für dynamische Systeme einheitlich ist, egal ob es sich um Anwendungen aus Elektrotechnik, Maschinenbau, Medizin oder Betriebswirtschaft handelt. Dies begründet sich darin, dass Eigenschaften und Verhalten dynamischer Systeme nicht durch ihre physische Struktur und ihr äußeres Erscheinungsbild bestimmt werden, sondern durch die Systemstruktur und die Prozesse, die zwischen den verschiedenen Systemkomponenten ablaufen.⁷⁹

In den 1950er Jahren begann die Produktion kommerzieller Computer, sodass mit der Entwicklung der serienmäßig produzierbaren Mikroprozessoren die Computer immer kleiner, leistungsfähiger und preisgünstiger wurden⁸⁰ und in den 1970ern mit dem Apple I der erste Personal Computer auf den Markt kam.

Während man früher auf physikalische, elektrische oder hydraulische Analogien zur Darstellung von Modellen zurückgriff, nutzt man heute nahezu ausschließlich Computersimulationen. Begründet wird dies unter anderem damit, dass die Arbeit mit einer einheitlichen Methodologie und einer Vielfalt an verwendbaren Computerprogrammen erfolgen kann und zwar völlig unabhängig vom Typus des betrachteten Systems. Außerdem beträgt der finanzielle Aufwand für eine Modellanfertigung mit anschließender Simulation meist nur ein Bruchteil dessen, was für eine Untersuchung

⁷⁶ Dieses Experiment wurde 1953 von Enrico Fermi, John R. Pasta, Stanislaw Ulam und Mary Tsingou durchgeführt und 1955 in einem Bericht des Los Alamos National Laboratory publiziert.

⁷⁷ Vgl. Hermann, Armin/ Schönbeck, Charlotte: Wissenschaft und Technik, S. 175.

⁷⁸ Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 11f.

⁷⁹ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 14.

⁸⁰ Vgl. Hermann Armin/ Schönbeck, Charlotte: Technik und Wissenschaft, S. 168.

ähnlichen Umfangs mit echten oder analogen physikalischen Modellen anfallen würde. Auch hinsichtlich der zeitlichen Verhältnisse ergeben sich durch computergestützte Modelle erhebliche Vorteile. Prozesse, welche in der Realität lange Zeit dauern würden, können mittels Computersimulation gerafft dargestellt werden. Umgekehrt lassen sich real sehr schnell ablaufende Prozesse in der Computersimulation deutlich verlangsamt darstellen, sodass detaillierte Beobachtungen einzelner Schritte möglich werden.⁸¹ Prozesse, welche in der Realität zu einer Systemzerstörung führen würden, lassen sich ebenfalls mittels Computersimulation abbilden. Somit wird auch die Untersuchung gefährlicher Interventionen oder Einflussnahmen auf ein System möglich, ohne dass Eingriffe oder Messungen am realen System notwendig sind oder das zu testende System zerstört wird.⁸²

Es gibt zwei verschiedene Arten, das Verhalten von Systemen zu simulieren. Bei der Verhaltensbeschreibung wird versucht, das Verhalten des Systems unter möglichst unterschiedlichen Bedingungen zu beobachten und dieses dann umfassend zu beschreiben. Untersuchungsgegenstand der Verhaltensbeschreibung ist also das Verhalten des Systems (Output) als Reaktion auf gewisse äußere Einflüsse (Input). Zur Darstellung dieses Zusammenhangs wird eine passende mathematische Funktion genutzt, die lediglich die Reaktion des Systems auf bestimmte Eingangsparameter beschreibt, nicht jedoch was innerhalb des Systems passiert, um den jeweiligen Output zu erzeugen. Das System wird so zu einer undurchsichtigen „Black Box“, da die verhaltensbestimmenden Einzelheiten und Funktionen nicht ermittelt werden. Die Simulation beschränkt sich somit offensichtlich auf das in der Vergangenheit beobachtete Verhalten, da jeweils nur Eingangs- und Ausgangsparameter zur Simulation genutzt werden, die auch schon vor der Simulation bekannt waren.⁸³

⁸¹ Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 2, dazu auch: Vgl. Sauerbier, Thomas: Theorie und Praxis von Simulationssystemen, S. 5. und Gipser, Michael: Systemdynamik und Simulation, S. 15.

⁸² Vgl. Scherf, Helmut E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme - Eine Sammlung von Simulink-Beispielen, S. 1, dazu auch: Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II – Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 32 und Möller, Dietmar, P.F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 1.

⁸³ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 16, dazu auch: Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 2.

Die zweite Art, das Verhalten von Systemen zu simulieren, ist die Nachbildung der Wirkungsweise eines realen Systems. Hierbei wird ein Modell entwickelt, welches die wesentlichen Wirkungsstrukturen des realen Systems abbildet und die Untersuchung seines Verhaltens ermöglicht. Dies ist aber nur durchführbar, wenn sehr viele Details über das System bekannt sind, bspw. aus welchen Teilen das System besteht, wie diese miteinander verknüpft sind und welche Einflüsse sie aufeinander haben. Das in der Vergangenheit beobachtete Verhalten des Systems spielt in diesem Fall nur eine nachgeordnete Rolle. Es kann im Anschluss an die Simulation zur Feststellung der Validität der Ergebnisse genutzt werden. Untersuchungsgegenstand sind vielmehr Systemstrukturen und Systemprozesse, da sich mittels dieser Informationen das Systemverhalten auch für Bedingungen simulieren lässt, die in der Vergangenheit noch nicht Gegenstand der Beobachtung waren. Das System ist bei dieser Art der Verhaltenssimulation eine „*White Box*“, in der Literatur auch manchmal als „*Glass Box*“ bezeichnet, da alle Prozesse und Funktionen bekannt sind und die innere Funktionsweise eines Systems überprüft werden soll.⁸⁴ Mit Hilfe von „*White Box*“-Tests können Fehler in Teilkomponenten eines Systems aufgedeckt oder lokalisiert werden. Es lässt sich jedoch nicht testen, ob ein System die Spezifikation erfüllt, also ob die Anforderungen den Erwartungen entsprechen, welche an das System gestellt werden. Somit lässt sich also nur die Korrektheit des Systems testen.

b) Anwendungen von M&S

In vielen wissenschaftlichen, industriellen und militärischen Anwendungsbereichen haben sich Simulationsmodelle als nützlich und unentbehrlich erwiesen und es finden sich laufend neue Anwendungen.⁸⁵

Wissenschaftliches Erkenntnisinteresse

Aus der Computersimulation von Systemen können sich neue Erkenntnisse gewinnen lassen, welche vorher aufgrund der reinen Systemstruktur nicht abzuleiten waren. So kann ein dynamisches System trotz konstanter Parametrisierung und bei gleichblei-

⁸⁴ Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 2, dazu auch: Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 16 und Ortlieb, Dr. Claus Peter: Einführung in die mathematische Modellierung, S. 32f.

⁸⁵ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 16f.

benden äußeren Einflüssen in der Simulation Schwingungsverhalten, Zusammenbruch oder Chaos zeigen, ohne dass sich dies vorab aus der Kenntnis der Systemstruktur angedeutet hätte. Darüber hinaus ist für den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zudem die Überprüfung von Hypothesen mittels Simulation von außerordentlicher Bedeutung.⁸⁶

Systementwicklung im technischen Bereich

In diesem Bereich liegt der Schwerpunkt der Computersimulation, da dynamische Systeme vor allem im Hinblick auf ihre Systemstruktur und die benutzten Parameter präzise zu definieren und über ihre physikalischen Zusammenhänge gut mit mathematischen Funktionen zu beschreiben sind. Für den Bereich der Rüstung ist die Anwendung von Simulationen im technischen Bereich ein Schwerpunkt. So werden bspw. Simulationen zum Schwingungsverhalten von Maschinen und Simulationen von Steuerung und Stabilität unter Berücksichtigung von wechselnden äußeren Einflüssen auf Fahrzeuge, Flugzeuge oder Schiffe durchgeführt. Die Durchführung derartiger Simulationen sind insofern für die Rüstungsindustrie und das Militär von Relevanz, da sich so einsatzrelevante Fragestellungen, bspw. das Verhalten eines Fahrzeuges bei Auffahren des Fahrzeuges auf eine Sprengfalle oder bei Kampfflugzeugen der Einfluss der Luftbetankung auf die Balance des Flugzeuges beantworten lassen. Auch in der Medizintechnik oder Pharmazie werden simulationsgestützte Verfahren verwendet, bspw. zur Ausregelung von Herzrhythmusstörungen oder zur Simulation von Abbauprozessen im menschlichen Körper.⁸⁷

Anwendungen im Systemmanagement

Durch Simulation eines Computersystems (z.B. Personalwirtschaftssystem oder Materialbewirtschaftungssystem) mit realen Daten können notwendige Systemeingriffe rechtzeitig erkannt und auf ihre Wirkung hin überprüft werden.⁸⁸ In der Bundeswehr

⁸⁶ Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 13, dazu auch: Makinia, Jacek: Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems, S. 55 und Corsten, Hans/ Corsten, Hilde/ Sartor, Carsten: Operations Research, S. 5.

⁸⁷ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 17, dazu auch: Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 6 und Makinia, Jacek: Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems, S. 55.

⁸⁸ Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 14.

wird dieses Verfahren zum Beispiel in der Ausbildung der logistischen Fachkräfte genutzt, um sie im Materialbewirtschaftungssystem SASPF zu schulen. Hierzu wird in einem Ausbildungsnetzwerk eine Übungsplattform mit realen logistischen Daten von einzelnen Truppenteilen erstellt. In diesem werden sogenannte Übungsmandanten angelegt, über welche die logistischen Fachkräfte einzelne logistische Vorgänge bearbeiten und üben können, ohne dass die eingegebenen Zahlen und die damit verbundenen Materialbewegungen in diesem Übungssystem Auswirkungen auf das reale Materialbewirtschaftungssystem der Bundeswehr haben. Außerdem nutzt die Einführungsorganisation (EFO) SASPF dieses Verfahren, um das Materialbewirtschaftungssystem der Bundeswehr kontinuierlich zu verbessern, neue Funktionen anzulegen und bisher genutzte Funktionen auf ihre zukünftige Brauchbarkeit zu testen.

Anwendungen in der Entwicklungsplanung

Für Langzeitstudien spielt das Verhalten verschiedener gesellschaftlicher Gruppen eine elementare Rolle. Die Verhaltensweise einzelner Akteure kann in die Simulation modellhaft eingebracht werden, um so deren Verhalten unter gegebenen Bedingungen einzugrenzen, Eingriffsmöglichkeiten und deren Folgen abzuschätzen und Möglichkeiten für alternative Handlungsoptionen zu erkennen und frühzeitig aufzuzeigen. Gerade für das Aufzeigen alternativer Handlungsoptionen kommt der Modellbildung und Simulation im Hinblick auf zukünftige globale Entwicklungen eine elementare Bedeutung zu.⁸⁹ Diese Fragestellungen können auch militärische Relevanz in der Vorbereitung auf die Auslandseinsätze der Bundeswehr haben, wenn es bspw. um die Analyse von Bevölkerungsentwicklungen (z.B. Bevölkerungswachstum, Verteilung von Ethnien, etc.), Umweltbedingungen oder um das Analysieren der vorhandenen lokalen Machtstrukturen geht. Mit Hilfe dieser Anwendung können Folgerungen für militärisches Eingreifen abgeleitet werden, welche gezielt in die Operationsplanung einfließen können.

c) *Grenzen von M&S*

Sich nur auf Modellbildung und Simulation abstützen zu können, wenn Experimente am Realsystem nicht möglich sind, bringt aber auch Nachteile mit sich. Ein Modell

⁸⁹ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 18, dazu auch: Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 7.

ist nicht das Original und so bleibt immer die Unsicherheit und das Risiko, ob das Modell das Systemverhalten richtig und in vollem Umfang wiedergibt. Durch Validierung kann dieses Risiko minimiert, jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden.⁹⁰ Mit Hilfe von Simulationen können theoretische Analysen und Experimente daher lediglich ergänzt, aber keinesfalls vollständig ersetzt werden. Simulation hat zwar einen experimentellen Charakter, ist jedoch aus Sicht von Experten nicht als experimentelle Methode anzusehen, da sie nicht die Randbedingungen erfüllt, die an ein naturwissenschaftlich begründetes Experiment zu stellen sind.⁹¹ Entgegen dieser Darstellung beschreibt Runzheimer Simulation als Berechnungsexperiment und leitet daraus den Begriff der „rechnerischen Simulation“ ab, welche mit Hilfe von Computern („elektronischen Rechenanlagen“) durchzuführen ist.⁹²

Simulation führt auch nicht zwingend zur besten Handlungsalternative, aber sie ist dazu geeignet, wesentliche und unwesentliche Alternativen herauszufiltern und eine Auswahl zwischen eher geeigneten Handlungsoptionen zu ermöglichen.⁹³

Ein Modell ist immer nur eine Abbildung und wird für einen bestimmten Ausschnitt der Realität konzipiert. Sie kann damit auch nur für diesen bestimmten Zweck eine gültige Aussage herbeiführen. Ein Modell kann also immer nur einen sehr begrenzten Ausschnitt des Verhaltens des Originalsystems reproduzieren, der durch den Modellzweck und die zugehörige Modellformulierung bestimmt ist.⁹⁴ Wenn also ein Modell überdurchschnittlich gut funktioniert, ist die Gefahr sehr groß, das Verhalten des Modells als reales Systemverhalten zu interpretieren. Deshalb sollte immer wieder daran erinnert werden, dass nur mit Vorsicht von den Modellergebnissen auf das reale Systemverhalten geschlossen werden kann.⁹⁵

⁹⁰ Vgl. Scherf, Helmut E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme - Eine Sammlung von Simulink-Beispielen, S. 1, dazu auch: Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 27 und Möller, Dietmar, P. F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 2.

⁹¹ Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 2, dazu auch: Vgl. Möller, Dietmar, P. F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 87 und S. 119.

⁹² Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II - Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 12f.

⁹³ Vgl. ebd., S. 46 und S. 78, dazu auch: Vgl. Winsberg, Eric B.: Science in the Age of Computer Simulation, S. 9 und Corsten Hans/ Corsten, Hilde/ Sartor, Carsten: Operations Research, S. 223.

⁹⁴ Vgl. Möller, Dietmar, P. F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 78, dazu auch: Vgl. Gipser, Michael: Systemdynamik und Simulation, S. 13.

⁹⁵ Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 16, dazu auch: Vgl. Bossel, Hartmut:

In der Literatur werfen Kritiker der Methodik von Modellbildung und Simulation vor, unwissenschaftlich zu arbeiten. Dieser Vorwurf hängt mit der Tatsache zusammen, dass sehr oft interdisziplinär, über andere Fachrichtungen gearbeitet werden muss, um ein vielschichtigen Ausschnitt aus der Realität abzubilden, bei dem komplizierte Details in der Regel stark vereinfacht dargestellt werden.⁹⁶ Modellbildung bedeutet also immer Vereinfachung, Zusammenfassung, Weglassen und Abstraktion. Dies führt dazu, dass die Kritiker der Methodik M&S in Teilen die Objektivität absprechen. Zwar lassen sich Auswahlprozesse weitestgehend formalisieren, die Bewertungskriterien für die Auswahlentscheidungen führen jedoch stets zur Subjektivität. Andererseits sind jedoch bei jeder wissenschaftlichen Untersuchung subjektive Entscheidungen zu treffen.⁹⁷ Die Subjektivität der Entscheidungen ergibt sich bei Simulationen aus den errechneten Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse bzw. aus den Wahrscheinlichkeiten, die sich aus der Zuordnung zu bestimmten Bedingungen ergeben und widerspruchsfrei im Einklang mit den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung stehen.⁹⁸ Um wissenschaftliche Standards zu gewährleisten, ist es daher zwingend notwendig, dass die Anforderungen an die Überprüfbarkeit und die Reproduzierbarkeit der Annahmen, Hypothesen, Sätze und Ergebnisse durch eine vollständige Dokumentation erfüllt werden.⁹⁹

Die Bestätigung der Korrektheit eines Modells funktioniert einerseits über Konvergenzbeweise für die eingesetzten Algorithmen und andererseits über Korrektheitsbeweise der eingesetzten Computerprogramme. Die Verifikation von Modellen über Konvergenzbeweise gilt als etabliert, während die Korrektheitsbeweise der verwendeten Computerprogramme in der Informatik noch am Anfang stehen. Dies liegt nicht an fehlendem Know-How der Informatiker, sondern vielmehr daran, dass in der Simulation sehr oft „nur“ anwendungsbezogen programmiert wird, während die

Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 51 und Möller, Dietmar, P. F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 88.

⁹⁶ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 51, dazu auch: Vgl. Winsberg, Eric B.: Science in the Age of Computer Simulation, S. 9.

⁹⁷ Vgl. Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, S. 37.

⁹⁸ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II – Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 119.

⁹⁹ Vgl. Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, S. 62f.

Entwicklung von Software nicht stattfindet. Aber auch hier scheint eine „Schmerzgrenze“ erreicht und der Ruf nach einer Konsolidierung und somit auch nach besseren Beweismöglichkeiten wird lauter.¹⁰⁰

Ein anderer, oft auch zunächst Kosten verursachender Aspekt von Modellen ist die Genauigkeit, sowohl bei Eingabedaten, als auch bei den errechneten Ergebnissen. Der Grad der Genauigkeit steht immer in Wechselwirkung mit der zu untersuchenden Fragestellung. Bei vielen Modellen genügt es, wenn die Abweichung hinsichtlich der produzierten Ergebnisse zur Realität weniger als ein Prozent beträgt, bei anderen Modellen könnte eine Divergenz von weniger als einem halben Prozent zu einer Katastrophe bei der Übertragung auf das reale System führen. Die Frage nach der Sicherheit der Ergebnisse sollte daher im Vorfeld der Modellerstellung beantwortet werden. Für die zunehmende Genauigkeit der Ergebnisse muss der Auftraggeber auch einen entsprechenden Preis bezahlen. Es stellt sich somit die Frage, welcher Aufwand hinsichtlich Implementierungszeit, Speicherplatz, sowie Rechen- und Antwortzeit betrieben werden soll und welche Kosten im Verhältnis dazu entstehen.¹⁰¹

3. Operations Research (OR)

„Operations Research (OR) ist die Anwendung wissenschaftlicher Methoden, Verfahren und Hilfsmittel auf Probleme betreffend die Arbeitsweise von Systemen mit dem Ziel, den für diese Arbeitsweise Verantwortlichen optimale Lösungen für diese Probleme zu liefern.“¹⁰² OR ist also eine Optimalplanung/ Optimierung, bei der unter anderem mit mathematischer Unterstützung und unter Einsatz von Modellrechnungen Entscheidungsprobleme optimiert werden sollen. Optimierung bedeutet hierbei immer Orientierung an der Zielsetzung.¹⁰³ Grundlage von OR ist meist, dass sich der Entscheidungsträger in einer Risiko- oder Unsicherheitssituation befindet und des-

¹⁰⁰ Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 16, dazu auch: Vgl. Winsberg, Eric B.: Science in the Age of Computer Simulation, S. 19ff.

¹⁰¹ Vgl. Möller, Dietmar: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, S. 124f., dazu auch: Vgl. Bungartz, Hans-Joachim/ Zimmer, Stefan/ Buchholz, Martin/ Pflüger, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, S. 16f. und Sauerbier, Thomas: Theorie und Praxis von Simulationssystemen, S. 36f. und S. 50.

¹⁰² Churchman, Charles West/ Ackoff, Russell Lincoln/ Arnoff, E. Leonard: Operations Research - Eine Einführung in die Unternehmensforschung, S. 26.

¹⁰³ Vgl. Wöhe, Dr. Dr. h.c. mult. Günter/ Döring, Dr. Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, S. 98, dazu auch: Vgl. Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, S. 1.

halb auf der Suche nach optimalen Lösungen ist. Dabei geht es jedoch nicht darum, das Risiko zu beseitigen. Ziel ist es vielmehr, das Risiko sichtbar zu machen und zu quantifizieren. Dazu werden wissenschaftliche Erkenntnisse auf das Problem mit dem Ziel angewandt, den Entscheidungsträgern eine quantitative Basis zu liefern, die bei der Suche nach optimalen Lösungen hilft.¹⁰⁴

Im Rahmen eines Planungsprozesses dient OR der Entscheidungsvorbereitung, wobei sich die OR-Planung in einem komplexen Prozess mit sechs Schritten vollzieht.¹⁰⁵

Zunächst geht es darum, das eigentliche Problem zu erkennen und zu analysieren. Ausgangspunkt dieses Planungsschrittes ist, dass ein tatsächlicher Entscheidungs- oder Handlungsbedarf auftritt, bzw. Entscheidungs- oder Handlungsmöglichkeiten zu erkennen. Zweck des zweiten Schrittes ist es, Ziele und Handlungsmöglichkeiten zu bestimmen. Im dritten Schritt wird ein mathematisches Modell formuliert, für das im vierten Schritt die Datenbeschaffung vollzogen wird. Im fünften Schritt des OR-Planungsprozesses geht es um die Lösungsfindung, bei der das mathematische Modell unter Verwendung der beschafften Daten und durch Zuhilfenahme eines oder mehrerer Algorithmen, gelöst werden soll. Ziel dieses Schrittes ist es, eine oder mehrere alternative Lösungen im Sinne der zu Anfang gestellten Aufgabe zu erhalten. Im abschließenden sechsten Schritt wird die Lösung bewertet. Hierbei geht es darum zu analysieren, ob eine Lösung akzeptabel, anpassungsbedürftig oder komplett zu verwerfen ist.¹⁰⁶

OR hat seinen Ursprung im Militärwesen, wo es seit Ende der 1930er Jahre darum ging, Optimierungsmodelle zur militärischen Einsatzplanung zu entwickeln.¹⁰⁷ Nach dem Ende des II. Weltkrieges wurden OR-Methoden auch zunehmend im zivilen Anwendungsbereich genutzt. Heute sind sie zudem fester Bestandteil der Wirt-

¹⁰⁴ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II – Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 5 und S. 15, dazu auch: Vgl. Ackoff, Russell L./ Sasieni, Maurice W.: Operations Research - Grundzüge der Operationsforschung, S. 33ff.

¹⁰⁵ Vgl. Domschke, Wolfgang/ Drexl, Andreas: Einführung in Operations Research, S. 1.

¹⁰⁶ Vgl. Ackoff, Russell L./ Sasieni, Maurice W.: Operations Research - Grundzüge der Operationsforschung, S. 12, dazu auch: Vgl. Domschke, Wolfgang/ Drexl, Andreas: Einführung in Operations Research, S. 1f.

¹⁰⁷ Vgl. Vgl. Wöhe, Dr. Dr. h.c. mult. Günter/ Döring, Dr. Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, S. 98.

schaftsinformatik, sowie der Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften.¹⁰⁸ Im britischen Sprachgebrauch wurde diese Methodik als „Operational Research“ bezeichnet, während man sich in den USA auf die Bezeichnung „Operations Research“ verständigte. Im deutschen Sprachgebrauch konnte sich kein eindeutiger Begriff etablieren, sodass man mit OR hierzulande Operations Research, Unternehmensforschung, mathematische Planungsrechnung, Operationsforschung oder auch Optimierungsrechnung meint.¹⁰⁹

In den 1960er und 1970er Jahren versuchte man im wirtschaftlichen Bereich eine simultane Optimierung aller Entscheidungsalternativen herbeizuführen. So konnte man zwar das theoretische Instrumentarium an OR-Methoden deutlich weiterentwickeln, scheiterte aber in der wirtschaftlichen Praxis in der Regel an der Komplexität des Managementprozesses. Deshalb verlagerte sich die Anwendung von OR auf die Entwicklung computergestützter Modelllösungen für einzelne Teilbereiche (z.B. Logistik oder Lagerhaltung).¹¹⁰

In der historischen Betrachtung war OR zunächst sehr methodenzentriert und es ging vordergründig um die Verarbeitung großer Zahlenmengen. Daraus resultierend war OR ausschließlich den dafür ausgebildeten Experten vorbehalten und zentral organisiert.¹¹¹ In der weiteren Entwicklung konzentrierte sich OR jedoch deutlich mehr auf die inhaltlichen Ziele des Vorgehens anstelle der Methode selbst. Dies führte dazu, dass nun nicht mehr reine OR-Experten an spezifischen Problemstellungen arbeiten, sondern dass auch andere Experten zu diesen Themen mit den OR-Experten zusammenarbeiten.¹¹²

¹⁰⁸ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht S. 11, dazu auch: Vgl. Ackoff, Russell L./ Sasieni, Maurice W.: Operations Research - Grundzüge der Operationsforschung, S. 4ff.

¹⁰⁹ Vgl. Domschke, Wolfgang/ Drexl, Andreas: Einführung in Operations Research, S. 2, dazu auch: Vgl. Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, S. 12.

¹¹⁰ Vgl. Wöhe, Dr. Dr. h.c. mult. Günter/ Döring, Dr. Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, S. 98f., dazu auch: Vgl. Dr. Pickl, Stefan: Modernes Operations Research zur Unterstützung von Planungsaufgaben und Prozessoptimierung, in: Fähigkeitsentwicklung der Bundeswehr: Perspektiven und Potenziale, DWT Info 2013, S. 79.

¹¹¹ Vgl. Roos, Dr. phil. Carl Alexander: Das Tätigkeits- und Anforderungsbild des Operations Research, S. 66ff.

¹¹² Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht S. 24, dazu auch: Vgl. Ackoff, Russell L./ Sasieni, Maurice W.: Operations Research - Grundzüge der Operationsforschung, S. 14.

Basis von OR sind wissenschaftliche Erkenntnisse, die für die Entscheidungsverbereitung genutzt werden sollen. Um eine optimierte Entscheidung zu entwickeln, werden üblicherweise alternative Entscheidungsmöglichkeiten, alternative Strategien oder alternative Systementwürfe miteinander verglichen. Dies führt zum Entstehen einer quantitativen Basis, also zu tatsächlich messbaren Ergebnissen, aus der sich dann Entscheidungsmöglichkeiten ableiten lassen. Voraussetzung für eine quantifizierbare Basis ist jedoch, dass die Daten, welche in das OR-Modell eingehen, messbar sind und sich hinreichend genau bestimmen lassen.¹¹³

Um Ungewissheit messbar zu machen, bedient man sich im Regelfall der Wahrscheinlichkeitsrechnung.¹¹⁴

OR sollte stets interdisziplinär verstanden werden, da aus allen wissenschaftlichen Disziplinen grundsätzliche Erkenntnisse zum Herbeiführen des optimalen Lösungsansatzes herangezogen werden können.¹¹⁵ Die Suche nach der optimalen Lösung beruht beim Entscheidungsträger auf einer Unsicherheits- oder Risikosituation, das heißt ihm stehen nur mangelhafte oder keine Kenntnisse über die zukünftige Entwicklung eines Szenarios zur Verfügung. Voraussetzung für OR ist also das Nicht-Vorhandensein von vollständigen Informationen.¹¹⁶

OR stützt sich im Wesentlichen auf Entscheidungs- bzw. Optimierungsmodelle oder nutzt Simulationsmodelle, um Entscheidungen vorzubereiten.¹¹⁷ Hierbei spielen Simulationen eine Rolle, die dazu führen, dass neue Erkenntnisse und Erfahrungen gewonnen werden können, die unmittelbar der Vorbereitung komplizierter Entscheidungen dienlich sind.¹¹⁸ Für Simulationsmodelle existieren häufig keine analytischen Lösungsverfahren, vielmehr geht es darum, die Konsequenzen einzelner Alternativen

¹¹³ Vgl. Runzheimer, Bodo: Lineare Planungsrechnung und Netzplantechnik, S. 14, dazu auch Vgl. Rocs, Dr. phil. Carl Alexander: Das Tätigkeits- und Anforderungsbild des Operations Research, S. 30ff.

¹¹⁴ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II – Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 15.

¹¹⁵ Vgl. Berg, Dr. Claus C.: Individuelle Entscheidungsprozesse: Laborexperimente und Computersimulation, S. 11f.

¹¹⁶ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research I – Lineare Planungsrechnung und Netzplantechnik, S. 14, dazu auch: Vgl. Ackoff, Russell L./ Sasieni, Maurice W.: Operations Research - Grundzüge der Operationsforschung, S. 41ff.

¹¹⁷ Vgl. Domschke, Wolfgang/ Drexel, Andreas: Einführung in Operations Research, S. 3.

¹¹⁸ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II – Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 14.

zu untersuchen oder „durchzuspielen“.¹¹⁹ In Abgrenzung zu diesen Simulationsmodellen gibt es sogenannte Unterrichtssimulationen (z.B. mit Flug- oder Fahr simulatoren oder Planspiele), welche nicht zum Bereich des OR zu zählen sind.¹²⁰

Kommerzielle Softwareanbieter haben Standardprogramme entwickelt, die sich flexibel an die betrieblichen Gegebenheiten und das Optimierungsproblem des Anwenders anpassen lassen, um derartige Planungsaufgaben zu lösen. Die lineare Optimierung, auch lineare Programmierung (LP-Modell) genannt, ist hierbei die am häufigsten verwendete OR-Methode.¹²¹ Die lineare Programmierung besteht dabei im einfachsten Fall aus einer linearen Zielfunktion und mehreren Nebenbedingungen, welche den Lösungsbereich einschränken. Je größer die Anzahl der zu betrachtenden Nebenbedingungen ist, desto komplexer wird das OR-Modell. Das LP-Modell kann als Maximierungsmodell oder als Minimierungsmodell konstruiert werden, wobei das Maximierungsmodell eher in der Kurzfristplanung angewendet wird.¹²²

Die Entwicklung von Software-OR-Werkzeugen begünstigte die Anwendbarkeit von OR-Methoden. Auf diese Weise wurde es auch vielen Nicht-OR-Experten möglich, entsprechende Fragestellungen zu modellieren und zu untersuchen.¹²³

OR in den Streitkräften

Obwohl Clausewitz den Begriff des OR und auch dessen Methodik noch nicht kannte, so hatte er trotzdem bereits eine Vorstellung von dem, was eine Rechenmethode leisten müsse, um das bestmögliche Verhältnis hinsichtlich des Einsatzes der verschiedenen Waffen zu ermitteln. So schrieb er in seinem Werk „Vom Kriege“: „Wenn man den Aufwand der Kräfte, welchen die Anschaffung und Unterhaltung der verschiedenen Waffen nötig machen, untereinander vergleichen könnte und dann

¹¹⁹ Vgl. Domschke, Wolfgang/ Drexl, Andreas: Einführung in Operations Research, S. 3 und S. 8.

¹²⁰ Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II – Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 14.

¹²¹ Vgl. Wöhe, Dr. Dr. h.c. mult. Günter/ Döring, Dr. Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, S. 99, dazu auch: Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research I – Lineare Planungsrechnung und Netzplantechnik, S. 18 und Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, S. 24ff.

¹²² Vgl. Domschke, Wolfgang/ Drexl, Andreas: Einführung in Operations Research, S. 7, S. 12ff. und S. 74 ff., dazu auch: Vgl. Hermann Armin/ Schönbeck, Charlotte: Technik und Wissenschaft, S. 176 und Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, S. 88ff.

¹²³ Vgl. GenMaj Gerber, Dr. rer. pol. Johannes: Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre der Streitkräfte, S. 27, dazu auch: Vgl. Runzheimer, Bodo: Operations Research II - Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, S. 76.

wieder das, was jede im Kriege leistet, so müßte man auf ein bestimmtes Resultat kommen, welches ganz abstrakt das beste Verhältnis ausdrückte.“¹²⁴ Mit diesem Satz hatte Clausewitz treffend die Problemstellung und den Nutzen von OR für die Streitkräfte beschrieben¹²⁵, ohne das Verfahren zu kennen und ohne zu wissen, dass es noch 100 Jahre dauern würde, bis die Streitkräfte tatsächlich ein solches Verfahren anwenden würden.

Bei den Streitkräften verschiedener Nationen ist OR heute fester Bestandteil in der militärischen Struktur. In der französischen Armee wurde die *Division Simulation Recherche Opérationnelle (DSRO)* implementiert. Als eigenständige Abteilung der Landstreitkräfte beschäftigt sie sich seit vielen Jahren ausschließlich mit Fragestellungen aus dem Bereich der Simulation und des OR und ist darauf ausgerichtet, die Streitkräfte in diesen expliziten Themenfeldern zu unterstützen. So beschäftigt sich diese Abteilung mit der Entwicklung und Weiterentwicklung von Trainingssimulationssystemen, mit der Durchführung von OR-Studien und nicht zuletzt mit der Optimierung von Prozessen für die Landstreitkräfte. Die DSRO gliedert sich in 3 Unterabteilungen, dem *Bureau projects de simulation opérationnelle*, dem *Bureau études et recherche opérationnelle* und dem *Bureau expérimentations et développement JANUS*, in denen insgesamt ca. 15 Offiziere tätig sind. Diese Offiziere kommen aus verschiedenen Laufbahnen, zum einen handelt es sich um sogenannte „Polyvalent Offiziere“ und zum anderen gibt es die sogenannten „Expert Offiziere“. Der „Polyvalent Offizier“ entspricht dem klassischen Offizier des Truppendienstes, der im Laufe seiner militärischen Karriere sowohl in der DSRO, als auch in verschiedenen Truppenteilen als S3-Offizier oder Bataillonskommandeur eingesetzt wird. Der „Expert Offizier“ hingegen verfügt über einen technischen Hintergrund und steht nach seiner Versetzung in die DSRO nicht mehr für andere Verwendungen zur Verfügung. Auf diese Art und Weise werden in der DSRO die reinen OR-Spezialisten mit entsprechendem fachlichen Know-How und die Truppenoffiziere als Team eingesetzt, welche neben der OR-Expertise auch über ein tiefgreifendes Verständnis zur realen

¹²⁴ Clausewitz, Carl von: Vom Kriege, S. 405.

¹²⁵ Vgl. GenMaj Gerber, Dr. rer. pol. Johannes: Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre der Streitkräfte, S. 237.

Situation in der Truppe verfügen.¹²⁶ Die Anfänge des OR liegen in Frankreich ungefähr im selben Zeitraum wie in den deutschsprachigen Ländern (Mitte der 1950er Jahre¹²⁷).

Die Engländer und Amerikaner hatten aufgrund des Einsatzes von OR im II. Weltkrieg einen zeitlichen Vorsprung von ungefähr zwölf Jahren. Diesen konnten die Franzosen nahezu aufholen, da sie von Beginn mit großen Aufwand und viel Mühe die Entwicklung und Anwendung von OR angingen.¹²⁸ Die US-amerikanischen Streitkräfte greifen auf den ganzheitlichen Ansatz von *Operations Research and Systems Analysis (ORSA)* zurück, dessen Ziel es ist, qualitativ hochwertige Analysekompetenz zur Entscheidungsunterstützung innerhalb der US-Army bereitzustellen und auch Soldaten im Einsatz bei der Lösung akuter, komplexer Problemstellungen zu unterstützen. Mittels der ORSA-Analysen werden dem militärischen Führer adressatengerecht Handlungsoptionen aufgezeigt und alle notwendigen Informationen zur Entscheidungsvorbereitung zur Verfügung gestellt. Die Entscheidungen werden nicht durch den Analysten getroffen. Mathematisch-wissenschaftliche Analyseergebnisse werden von ihm für den militärischen Führer in taktische und operative Handlungsoptionen mit entsprechenden Handlungsempfehlungen überführt. Die Entscheidungsunterstützung hat bei der US-Army eine lange Tradition und ist sehr stark in den Organisationsstrukturen und Prozessen verankert.¹²⁹ Die John Hopkins Universität in Baltimore verfügte bspw. über ein Operations Research Office, welches mit Forschungsarbeiten nach betriebswirtschaftlichen Methoden und unter Ausnutzung betriebswirtschaftlicher Erkenntnisse für die Army beauftragt war. Das Büro bestand unter anderem aus einer Forschungsgruppe für Kriegsspiele, atomare Kriegsführung, Taktik, Operation, Strategie, Aufklärung und Luftverteidigung. Auch die US-Luftwaffe verfügte über eine solche Einrichtung in Santa Monica. Deren Forschungsprogramm beschäftigte sich mit der wissenschaftlichen Hilfestellung zur Entscheidung über die Forschung und Entwicklung in Bezug auf die zukünftigen

¹²⁶ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht S. 17f.

¹²⁷ Vgl. Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, S. 11.

¹²⁸ Vgl. Roos, Dr. phil. Carl Alexander: Das Tätigkeits- und Anforderungsbild des Operations Research, S. 59.

¹²⁹ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht S. 19ff.

Stärken des Luftwaffeneinsatzes inklusive der Schätzungen zu zukünftigen Waffenentwicklungen und deren Kosten.¹³⁰ Heute gibt es in der US-Army insgesamt vier Bereiche, die sich mit dem Themenfeld des OR befassen. Das *Center for Army Analysis (CAA)*, welches über die Analysekompetenz im Bereich Analyse und Planung verfügt, das *Training and Doctrine Command Analysis Center (TRAC)*, welches seinen Fokus auf die Bereiche Ausbildung und Übung sowie Einsatz legt, die *US-Army Material Systems Analysis Agency (AMSAA)*, deren Analysekompetenz auf den grundlegenden Bereichen der Rüstung und Beschaffung liegt und dazu das *US-Army Test and Evaluation Command (ATEC)*, die sich mit der Durchführung grundlegender Experimente, zum Beispiel an Wehrmaterial, beschäftigt. Im Bereich des CAA sind ca. 35 Soldaten und 115 Zivilisten beschäftigt, die jährlich 120 bis 130 Analyseprojekte in den Bereichen Ausstattung und Struktur der US-Army, aber auch Analysen im militärischen Umfeld der asymmetrischen Bedrohung und irregulären Kriegsführung durchführen. Im TRAC arbeiten insgesamt ca. 330 Personen, die auf vier Standorte verteilt sind. Deren Auftrag ist es, Kompetenz zur Evaluation grundlegender Konzepte und Fähigkeitsanalysen zur Verfügung zu stellen, unter anderem durch Analyse von Einsatzdoktrin und durch Unterstützung bei der Bewertung der strukturellen Aufstellung der US-Army.¹³¹

Die Auswertung der Anwendung von OR in den Streitkräften hat ergeben, dass nicht nur die klassischen Methoden des OR zur Anwendung kommen, sondern dass neben den quantitativen Verfahren auch qualitative Verfahren mit in die Überlegungen einbezogen werden. In früheren Anwendungen des OR in den Streitkräften ging es vor allem darum, Masseneffekte zu betrachten, da ein großer Ansatz von Personal und Material üblich war, um eine zahlenmäßige Überlegenheit zu erzielen und so numerische Optimierungen im Vordergrund standen. Aufgrund der Tatsache, dass heute die meisten militärischen Konflikte asymmetrisch verlaufen, kann bspw. das Verhalten der Bevölkerung nicht außer Acht gelassen werden und muss deshalb als qualitativer Faktor mit in die Betrachtung einfließen.¹³²

¹³⁰ Vgl. GenMaj Gerber, Dr. rer. pol. Johannes: Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre der Streitkräfte, S. 33.

¹³¹ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht, S. 19ff.

¹³² Vgl. ebd., S. 8 und S. 25.

Die vorliegende Studie¹³³ des Fraunhofer-Instituts hat aufgezeigt, dass ein modernes Verständnis von OR zu dem Einsatzspektrum der gegenwärtigen modernen Einsatzarmeen passt. Allerdings wurde am Beispiel der französischen und US-amerikanischen Streitkräfte gezeigt, dass die Anwendung von OR in den Streitkräften grundlegende Voraussetzungen benötigt, um erfolgreich eingesetzt werden zu können. OR ist immer als Unterstützung für den Entscheidungsträger zu verstehen, indem durch eine umfassende Analyse einer komplexen Fragestellung die sich bietenden Handlungsoptionen mit den meisten daraus resultierenden Konsequenzen und den entsprechenden Rahmenbedingungen aufgezeigt werden. Des Weiteren ist eine adressatengerechte Aufbereitung der Daten unabdingbar, um die Entscheidungsunterstützung erfolgreich zu gestalten. Der OR-Analyst muss fähig sein, die Daten der mathematisch-wissenschaftlichen Analyse in entsprechende militärische Handlungsoptionen zu formulieren. Nicht zuletzt muss eine explizite Formulierung einer Notwendigkeit von Analysen Bestandteil der Entscheidungsprozesse sein, bspw. im Bereich Rüstung und Beschaffung, um eine deutliche Akzeptanz bei den Entscheidungsträgern zu erzielen.¹³⁴

OR kommt auch in der Bundeswehr zum Einsatz und wird als wesentliche Anwendung wissenschaftlicher Methoden zur Unterstützung von Entscheidungsträgern und ihren Stäben verstanden. Neben verschiedenen anderen Methoden wird vor allem die Simulation angewandt, da auf diese Weise höchst umfassende Zusammenhänge beim Einsatz moderner Streitkräfte sowohl detailliert bis zum Systemprozess, als auch im Gesamtzusammenhang analysiert werden können. OR steht dabei auch in enger Verbindung zur Simulationsunterstützung im Bereich der Ausbildung und Übung, zur Forschung im Bereich CD&E und auch zur Technologie- und Rüstungsentwicklung.¹³⁵ Die Bundeswehr stellt die OR-Kompetenz der Streitkräfte für den Einsatz über das Planungsamt zur Verfügung. Die einzelnen Teilstreitkräfte sind allerdings angewiesen, selbst OR-Experten auszubilden, um diese für OR-Zellen im Einsatz

¹³³ Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht.

¹³⁴ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht, S. 26.

¹³⁵ Vgl. Dr. Pickl, Stefan: Modernes Operations Research zur Unterstützung von Planungsaufgaben und Prozessoptimierung, in: Fähigkeitsentwicklung der Bundeswehr: Perspektiven und Potenziale, DWT Info 2013, S. 80.

verfügbar zu haben. Das Planungsamt stellt darüber hinaus ein Reachback im Heimatland zur Verfügung, um die OR-Zellen in den Einsatzgebieten mit tiefergehender OR-Kompetenz zu unterstützen. Außerdem können über das Planungsamt weitere Studien zu OR, bspw. an die IABG oder das Fraunhofer Institut, in Auftrag gegeben werden, wenn spezifische Fragestellungen im Einsatz dies erfordern.

In der Bundeswehr wird OR explizit und implizit angewandt. So lassen sich bspw. OR-Anwendungen im Bereich der Einsatzauswertung nachweisen, allerdings ist hier noch deutliches Entwicklungspotenzial vorhanden. Im Gegensatz zu anderen Anwendungsfällen liegt hier eine sehr gute und breite Datenbasis zentralisiert zur Untersuchung expliziter Fragestellungen vor. Jedoch machen lange Antwortzeiten des Systems "Informationssystem Einsatzerfahrung Bundeswehr" (InfoSys EEBw) eine kontinuierliche Weiterentwicklung notwendig. Dadurch könnten Arbeits- und Kommunikationsprozesse auch TSK-übergreifend deutlich optimiert werden.¹³⁶

4. Architekturen

„Architekturen ermöglichen die standardisierte, modellhafte Beschreibung komplexer funktionaler Zusammenhänge und dienen der systematischen Analyse, Dokumentation, Kommunikation und Entscheidungsunterstützung. Die Methode Architektur enthält hierzu standardisierte Vorlagen und Vorgehensmodelle zur Erarbeitung und Nutzung von Architekturen.“¹³⁷

Die Methode Architektur hat ihren Ursprung in der von John Zachmann entwickelten und 1987 veröffentlichten Unternehmensarchitektur, welche in den folgenden Jahren durch das Militär und die staatlichen Institutionen der USA weiterentwickelt wurde. Mit Hilfe der Methode Architektur können komplexe funktionale Zusammenhänge besser strukturiert beschrieben werden, als dies mit herkömmlichen Mitteln möglich wäre.¹³⁸

¹³⁶ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht, S. 55ff., dazu auch: Vgl. Dr. Pickl, Stefan: Modernes Operations Research zur Unterstützung von Planungsaufgaben und Prozessoptimierung, in: Fähigkeitsentwicklung der Bundeswehr: Perspektiven und Potenziale, DWT Info 2013, S. 80.

¹³⁷ Bundesministerium der Verteidigung: Konzeption der Bundeswehr, S. 63.

¹³⁸ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 9, dazu auch: Vgl. Krafzig, Dirk/ Banke, Karl/ Slama, Dirk: Enterprise SOA - Service-Oriented Architecture, Best Practices, S. 7f. und Matthes, Dirk: Enterprise Architecture Frameworks - Kompendium, S. 17.

Die zivile Industrie nutzt Architekturen (sog. Enterprise Architectures), um Abläufe und Prozesse in den Unternehmen zunächst zu beschreiben und danach zu optimieren und zu flexibilisieren, da dies die Voraussetzung für die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit auf dem weltweiten Markt ist.¹³⁹ Ein ISO-Standard definiert die allgemeinen Anforderungen an die Unternehmensarchitektur.¹⁴⁰ Hierbei wird Architektur als eine modellhafte Beschreibung und Analyse der grundsätzlichen Struktur eines komplexen Systems und seiner Einzelteile verstanden, außerdem werden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen dargestellt.¹⁴¹

In der ganzheitlichen Betrachtung kann durch dieses systematische Zerlegen das reale komplexe System mit seinen einzelnen Elementen besser verstanden, dokumentiert, ausgewertet, kommuniziert und verändert werden. Dadurch ist eine Verbesserung der Qualität von Lösungen aus der übergreifenden Sicht zu erreichen.¹⁴²

Die Methode Architektur stützt sich auf die wissenschaftliche Methodik der Modellbildung ab, um Sachverhalte zielgerichtet zu erfassen und zu dokumentieren. So können Fähigkeiten, Organisationen, Aufgaben, Prozesse und technische Systeme in vereinfachter Darstellung strukturiert abgebildet werden.¹⁴³

An komplexen Fragestellungen arbeitet meist eine Vielzahl von Experten, wobei jeder dieser Experten eine eigene Perspektive auf die Fragestellung hat. Mit Hilfe von Architekturen werden diese unterschiedlichen Perspektiven berücksichtigt und das jeweilige Expertenwissen kann so zielgerichtet in die Beantwortung der jeweiligen Fragestellung eingebracht werden, ohne jedoch die Komplexität durch das sonst übliche Zerlegen der Fragestellung in die Einzelaspekte zu verlieren.¹⁴⁴

¹³⁹ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 9, dazu auch: Vgl. Masak, Dieter: Moderne Enterprise Architekturen, S. 2 und S. 12f.

¹⁴⁰ ISO-Standard 42010

¹⁴¹ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 16.

¹⁴² Vgl. ebd. und S. 18, dazu auch: Vgl. Josuttis, Nicolai: SOA in der Praxis - System-Design für verteilte Geschäftsprozesse, S. 11.

¹⁴³ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 17.

¹⁴⁴ Vgl. ebd., S. 18, dazu auch: Vgl. Matthes, Dirk: Enterprise Architecture Frameworks - Kompendium, S. 31f.

Die Methode Architektur stellt Möglichkeiten und Verfahren bereit, um diese Abhängigkeiten zwischen Einzelaspekten zu identifizieren, zu dokumentieren und zu analysieren.¹⁴⁵

Weitere Eigenschaften von Architekturen sind Systematik und Transparenz. Die Zerlegung einer komplexen Fragestellung in ihre Einzelteile erfolgt systematisch. Durch die zielgerichtete Dokumentation dieser Systematik in Form von Sichten und Teilsichten wird zum einen eine große Transparenz bei der Darstellung erreicht, zum anderen ist sichergestellt, dass alle Einzelaspekte berücksichtigt werden und diese gegebenenfalls für anderen Architekturen weiterverwendet werden können.¹⁴⁶

Die Methodik der Architekturen zeichnet sich durch Anpassbarkeit und Flexibilität aus, sodass sie auf viele unterschiedliche Problemstellungen angewendet werden kann. So ist bspw. die Anwendung dieser Methode sowohl für die Ausgestaltung von Aufbau- oder Ablauforganisationen geeignet, als auch für rein systemtechnische Fragestellungen zur Weiterentwicklung von Systemkomponenten. Auch eine durchgängige Verknüpfung der organisatorischen und systemtechnischen Aspekte ist mittels Architekturen möglich. So kann bspw. bei der Erstellung einer neuen Organisationsstruktur (für einen militärischen Verband) der personelle und der operationelle Bedarf gezielt miteinander kombiniert werden. Hieraus generiert sich u.a. der besondere Mehrwert der Methode Architektur für die Bundeswehr.¹⁴⁷

Die dargestellten grundlegenden Eigenschaften von Architekturen ermöglichen es, eine Organisation als ganzheitliches System mit ihren einzelnen Zielen, Strukturen und Prozessen aggregiert und konsistent darzustellen und darauf aufbauend Prozesse, sowie die IT- bzw. Ausrüstungslandschaft nachhaltig an der Organisationsstrategie auszurichten und diese dann zu optimieren.¹⁴⁸

¹⁴⁵ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 19.

¹⁴⁶ Vgl. ebd.

¹⁴⁷ Vgl. ebd., dazu auch: Vgl. Josuttis, Nicolai: SOA in der Praxis - System-Design für verteilte Geschäftsprozesse, S. 16f. und Matthes, Dirk: Enterprise Architecture Frameworks - Kompendium, S. 20.

¹⁴⁸ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 19, dazu auch: Vgl. Krafzig, Dirk/ Banke, Karl/ Slama, Dirk: Enterprise SOA - Service-Oriented Architecture, Best Practices, S. 255.

a) Das NATO Architecture Framework (NAF)

Wie bereits beschrieben, nutzt die Methode Architektur zur Darstellung von komplexen Fragestellungen aus unterschiedlichen Perspektiven verschiedene Einzelmodelle, welche in einer Architektur zusammengeführt werden und sich gegenseitig zu einem Gesamtsystem ergänzen. Um sicherzustellen, dass die verschiedenen Einzelmodelle miteinander kompatibel und zu einem Gesamtsystem integrierbar sind und auch die Darstellung und Dokumentation einheitlich erfolgt, ist es notwendig, Vorgaben für die Erstellung von Architekturen zu haben. Diese Vorgaben sind in einem Architekturrahmenwerk (Architecture Framework) enthalten.¹⁴⁹ Mit diesem kann sichergestellt werden, dass alle an der Architekturerstellung beteiligten Personen von den gleichen Sachverhalten sprechen und eine methodisch einheitliche Sprache verwenden. Damit innerhalb der NATO die Beiträge einzelner Nationen zu Prozessen und Systemen in einer Gesamtdarstellung integriert werden können, wurde das NATO Architecture Framework (NAF) entwickelt.¹⁵⁰

Aus diesem Grund werden in der Bundeswehr Architekturen grundsätzlich mit den Vorgaben des NAF, bzw. mit der nationalen Erweiterung des Architekturdatenmodell Bundeswehr (ADMBw), unter Nutzung der Modellierungssoftware SPARX, erstellt.¹⁵¹

Im NAF werden die Sichten, welche als Vorgabe zur Erstellung von Architekturen dienen, als Views bezeichnet.¹⁵²

In der folgenden Abbildung sind die einzelnen Views des NAF dargestellt.

¹⁴⁹ Vgl. Masak, Dieter: Moderne Enterprise Architekturen, S. 20ff.

¹⁵⁰ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 19, dazu auch: Vgl. NATO C3 System Architecture Framework (NAF) Version 2, S. 3f.

¹⁵¹ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 21.

¹⁵² Vgl. Matthes, Dirk: Enterprise Architecture Frameworks - Kompendium, S. 33.

<u>NAF View</u>	<u>Beschreibung</u>
NATO All View (NAV)	Gesamtdarstellung Zielsetzung, Umfang, Ergebnisse und Begriffe der Architektur
NATO Capability View (NCV)	Fähigkeiten beschreiben das vorhandene oder angestrebte Handlungsvermögen der Organisation
NATO Operational View (NOV)	Operationelle Aspekte Aufgaben, Aktivitäten, organisatorische und operationelle Elemente, sowie Informationsflüsse
NATO Service- Oriented View (NSOV)	Service sind Leistungen, die einem Konsumenten zur Nutzung bereitgestellt werden können
NATO Systems View	Ressourcen (Systeme, Personal...) realisieren Services oder unterstützen Aktivitäten
	Systemfunktion, Schnittstellen,... beschreiben die Leistungsfähigkeit von Systemen und deren Zusammenarbeit
NATO Technical View	Technische Standards dienen der Herstellung technischer Interoperabilität
NATO Programme View (NPV)	Programme dienen der Unterstützung übergeordneter Planungsprozesse

Abbildung 2: NAF Views¹⁵³

Jeder der einzelnen Views verfügt zudem über sogenannte Subviews, in denen spezifische Teilaspekte beleuchtet werden. So sind bspw. Subviews des NATO Operational View (NOV), der NOV-1, welcher das sogenannte „big picture“, also den Blick der höchsten Ebene auf die Gesamtlage, bzw. die gesamte Operationsführung darstellt oder der NOV-3, in welchem die Informationsaustauschbeziehungen und deren Anforderungen beschrieben werden. Ein Subview des NATO Technical View (NTV)

¹⁵³ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr S. 22, dazu auch: Vgl. NATO C3 System Architecture Framework (NAF) Version 2, S. 13.

ist der NTV-4, der die Softwarekonfiguration eines Systems näher beleuchtet.¹⁵⁴ Die Views und Subviews sind miteinander verknüpft und ergänzen sich gegenseitig. Eine Sicht kann nicht für sich allein stehen, die Entwicklung und Gestaltung von Architekturen ist ein kontinuierlicher Prozess aus Feedback, Austauschbeziehungen und Interaktion, auch um sicherzustellen, dass die entwickelte Architektur in sich schlüssig bleibt.¹⁵⁵

b) Vorteile und Grenzen der Anwendung der Methode Architektur

Die Methode Architektur bietet viele Vorteile, um die Prozesse und Strukturen der Bundeswehr effizient und flexibel zu gestalten: Systematik und Konsistenz der Problemlösung, die Transparenz und Nachvollziehbarkeit, die leichtere Kommunizierbarkeit komplexer Sachverhalte, die standardisierte Dokumentation oder auch das leichtere Erkennen von Abhängigkeiten und Wechselbeziehungen. Bisher noch nicht erwähnt wurden die Vorteile der Unterstützung des Anforderungsmanagement, die Möglichkeiten der Reduzierung von Fehlern und Kosten, sowie die Durchgängigkeit von der Zielbildung (Konzeption) bis zur Realisierung und Nutzung und die Wiederverwendbarkeit von Architekturen oder einzelnen Architekturbausteinen.¹⁵⁶

Die Anwendung der Methode Architekturen kann jedoch kein Allheilmittel sein, um Streitkräfte effizient und zukunftsfähig aufzustellen. Deshalb soll im Folgenden auf die Grenzen der Anwendung der Methodik der Architekturen eingegangen werden.

Auch wenn als ein Vorteil die Durchgängigkeit von der Zielbildung (Konzeption) bis zur Realisierung und Nutzung genannt wurde, können Architekturen lediglich die Anforderungen an ein Produkt, welche es für den geplanten Einsatz benötigt, aufzeigen; die tatsächliche Realisierung der Produkte ist nicht Bestandteil der Erstellung von Architekturen.¹⁵⁷

Weitere Grenzen hat die Methodik der Architekturen nach den Vorgaben des NAF in der Eignung für Simulationen, Optimierungen und Kosten-/ Mengenberechnungen.

¹⁵⁴ Vgl. NATO C3 System Architecture Framework (NAF) Version 2, S. 13, dazu auch: Vgl. Masak, Dieter: Moderne Enterprise Architekturen, S. 36f.

¹⁵⁵ Vgl. NATO C3 System Architecture Framework (NAF) Version 2, S. 3.

¹⁵⁶ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr S. 31ff., dazu auch: Vgl. Masak, Dieter: Moderne Enterprise Architekturen, S. 2 und S. 16f.

¹⁵⁷ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 35.

Mit Architekturen lassen sich mittels der dokumentierten Strukturen Systemzusammenhänge als Grundlage für die Ermittlung von Mengengerüsten bereitstellen, die konkrete Berechnung macht jedoch zusätzliche Simulationen mit konkreten Szenarien erforderlich. Bisher wird die automatische Umsetzung von Architekturen in Simulationsmodellen lediglich in Einzelfällen realisiert, da hierfür spezielle Optimierungsuntersuchungen und Software-Werkzeuge benötigt werden.¹⁵⁸

Je nach Detaillierungsgrad und Qualitätsanspruch benötigt die Erstellung von Architekturen einen entsprechenden Ressourcen- und Zeitbedarf. Stehen bereits wiederverwendbare Architekturbausteine für eine zielgerichtet entwickelte Architekturlandschaft zur Verfügung, kann jedoch der Ressourcenbedarf langfristig deutlich reduziert und damit einhergehend kann auch bei knappen Zeitvorgaben ein gewisser Qualitätsstandard erreicht werden.¹⁵⁹

Eine weitere Grenze in der Anwendung findet die Methodik der Architekturen in den am Markt verfügbaren Architekturwerkzeugen, welche hinsichtlich der systematischen und umfassenden Analyse von größeren oder umfassenderen Architekturen, sowie in der zielgruppengerechten Visualisierung von Architekturen nur eine eingeschränkte Unterstützung bieten. Dies ist vor allem für eine breite Anwendbarkeit von Architekturen hinderlich, da damit in jedem Fall Methodenspezialisten mit entsprechenden Modellierungskennnissen für die Erstellung von Architekturen notwendig sind.¹⁶⁰

Weitere Schwachstellen der am Markt verfügbaren Architekturwerkzeuge bestehen in den fehlenden Schnittstellen zu Prozessen, welche die Daten für die Architekturen verfügbar machen sollen und in der unzureichenden, bzw. fehlerhaften Implementierung des NATO Metamodells für das NAF, welches zum Austausch der Architekturen zwischen den verschiedenen Architekturwerkzeugen oder den einzelnen NATO-Staaten benötigt wird.¹⁶¹

¹⁵⁸ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 35.

¹⁵⁹ Vgl. ebd., S. 36, dazu auch: Vgl. Josuttis, Nicolai: SOA in der Praxis - System-Design für verteilte Geschäftsprozesse, S. 9f.

¹⁶⁰ Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 36.

¹⁶¹ Vgl. ebd.

Die Bundeswehr nutzt Architekturen bspw. zur Unterstützung von Operations- und Einsatzplanungen, um sogenannte Mission Threads zu erstellen, welche die operativen und technischen Aspekte grundlegender militärischer Aufgaben im Rahmen von Einsätzen beschreiben. Weiterhin werden Architekturen in der Bundeswehr bspw. zur Weiterentwicklung des IT-Systems Bundeswehr (IT-SysBw) verwendet, um zum Beispiel IT-Services standardisiert zu beschreiben. Weitere Anwendung finden Architekturen zur Unterstützung von CD&E-Vorhaben.¹⁶²

Das beispielhafte CD&E-Vorhaben aus Kapitel IV dieser Arbeit ließe sich ebenfalls als Architektur darstellen. Dies würde aber den Umfang dieser Arbeit sprengen, daher wird an dieser Stelle lediglich darauf verwiesen, dass der Anteil „1. Einführung“ dem NOV-1 einer Architektur entsprechen könnte. In diesem Anteil werden der Hintergrund und der operationelle Kontext des Vorhabens beschrieben.

¹⁶² Vgl. Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, S. 39f.

III. Die Anwendung der wissenschaftlichen Methoden an ausgewählten Beispielen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Anwendung der im vorherigen Kapitel aufgezeigten wissenschaftlichen Methoden. Wenngleich die hier dargestellten Methoden auch als eigenständige wissenschaftliche Methoden gelten, so sind sie doch aus den vorher aufgezeigten, in der Bundeswehr etablierten wissenschaftlichen Methoden abzuleiten, bzw. wenden diese Methoden an. Die in diesem Kapitel vorgestellten Methoden finden in der Bundeswehr bereits in Teilen Anwendung, sind jedoch noch nicht etabliert und auch nicht institutionalisiert.

Das erste Anwendungsbeispiel, welches in diesem Kapitel dargestellt werden soll, ist Wargaming, als ein Anwendungsfall von Modellbildung und Simulation. Als weiteres Beispiel wird Knowledge Development näher beschrieben, welches als Anwendungsfall von OR gelten kann und Anknüpfungspunkte für die Methode Arch liefert. Ein drittes Anwendungsbeispiel ist die Methode Human Factors Analyse, die sich wie Modellbildung und Simulation mit der Komplexität von Systemen befasst und diese Methode auch anwendet. Sie hat aber ihren Schwerpunkt in der Betrachtung menschlichen Handelns unter Unsicherheit bzw. Risikobedingungen. Die theoretischen Ausführungen zu dieser Methode sind bewusst knapp gehalten, da lediglich Crew Resource Management (CRM) als Anwendungsfall dieser Methode, sowie die militärische Anwendbarkeit von Interesse für diese Arbeit sind.

1. Wargaming

Die Simulation von Konflikten anhand von Spielen ist eine militärische Praxis, die so alt ist wie die organisierte Kriegsführung selbst.¹⁶³ Frühe Darstellungen von Feldherren und Soldaten, die Brettspiele mit militärischem Bezug spielen, finden sich dabei bereits im alten Ägypten, Griechenland und China. Der preußische Philosoph Carl von Clausewitz definierte das Wesen des Krieges zu Beginn des 19. Jahrhunderts sogar als:

„[...] ein Spiel von Möglichkeiten, Wahrscheinlichkeiten, Glück und Unglück [...], welches in allen großen und kleinen Fäden seines Gewebes fort-

¹⁶³ Vgl. Creveld, Martin van: Wargames - From Gladiators to Gigabyte.

läuft und von allen Zweigen des menschlichen Tuns [...] dem Kartenspiel am nächsten steht.“¹⁶⁴

Clausewitz befasste sich in seinem Werk „Vom Kriege“ zudem mit dem Phänomen der Ungewissheit, der Fehler und Missverständnisse in einer Schlacht, deren Summe letztendlich sogar den Ausgang von Kriegen entscheiden kann. Diese Friktionen und der von ihm benannte „Kriegsnebel“, die die kämpfenden Parteien immer wieder im Unklaren über den Verlauf einer Schlacht lassen oder zu vermeidbaren Fehlern führen, sind in Gefechten keine Seltenheit. Konfliktsimulationen oder Wargames müssten es also zulassen, den „Kriegsnebel“ in das Spiel mit einzubeziehen oder Strategien aufzeigen, wie mit dem Phänomen der Ungewissheit umgegangen werden kann. Obgleich zur Wirkungsweise und Funktion von Wargames im Zusammenhang mit militärischen Operationen besonders in den Jahrzehnten nach Ende des Zweiten Weltkriegs mannigfaltig geforscht wurde, so beschränkt sich die wissenschaftliche Grundlagenarbeit zur Verknüpfung von kartenbasierten Spielen mit der Analyse von Konflikten bis heute lediglich auf einen überschaubaren Kreis vornehmlich anglo-amerikanischer Wissenschaftler. Peter Perla und Thomas Allen vermochten es in ihren Studien erstmalig, die Grundlagen der von Militärs genutzten Wargames mit Elementen eines Spiels zu verbinden.¹⁶⁵ James Dunningan befasste sich in den 1980er und 90er Jahren intensiv mit der Realisierung von Brettspielbasierten Wargames, die militärhistorische Auseinandersetzungen als Vorlage nutzen.¹⁶⁶ Philip Sabin ist es in seiner 2012 veröffentlichten Arbeit gelungen, anhand von selbst konzipierten Brettspielen, Wargames als Simulationswerkzeug zur Konfliktanalyse einzusetzen.¹⁶⁷

Konfliktsimulation durch Wargaming

Die „spielende“ Simulation von Schlachten oder Feldzügen zur Analyse oder zur Ausbildung militärischen Führungspersonals erfuhr Anfang des 19. Jahrhunderts eine Professionalisierung unter dem preußischen Leutnant Johann von Reisswitz d.J., der

¹⁶⁴ Vgl. Clausewitz, Carl von: Vom Kriege. Erster Teil, S. 24.

¹⁶⁵ Vgl. Perla, Peter: The Art of Wargaming. A Guide for Professionals and Hobbyists, dazu auch: Vgl. Allen, Thomas B.: War Games, London 1987.

¹⁶⁶ Vgl. Dunningan, James F.: The Complete Wargames Handbook: How to Play, Design and Find Them.

¹⁶⁷ Vgl. Sabin, Philip: Simulating War - Studying Conflict Simulation through Games.

die Ideen seines Vaters für ein Brettspiels mit dem Nachempfinden konkreter militärischer Operationen verband. Sein „Kriegsspiel“ dominierte sukzessive das theoretische Handlungstraining der preußischen Militärs und fand ab Ende des 19. Jahrhunderts auch Einzug bei nahezu allen europäischen Armeen. Bis heute hat sich die Fallanalyse als Spiel etabliert und ist als Wargaming sowohl in den Streitkräften als auch in der Wirtschaft ein fester Bestandteil von Risikobewertungen. Der amerikanische Wargaming-Forscher Peter Perla definierte dieses Analysetool als

„[...] a warfare model or simulation whose operation does not involve the activities of actual military forces, and whose sequence of events affects and is, in turn, affected by the decisions made by players representing the opposing sides.”¹⁶⁸

Ein Wargame im militärischen Sinne kann dabei sowohl kartenbasierte Studien, Simulationen und Command Post Exercises¹⁶⁹, als auch Volltruppenübungen umfassen. Ziel dieses Analyseansatzes ist es, Erfahrungen zu sammeln, Planungsfehler zu erkennen und Handlungssicherheit zu erlangen. Im Gegensatz zu real ablaufenden Übungen im Gelände ist diese Methodik ressourcenschonender, da bspw. keine Munition verbraucht wird oder Gefechtsfahrzeuge bewegt werden.¹⁷⁰ Zudem macht es die Komplexität militärischer Operationen erforderlich, Operationsplanungen einer Überprüfung auf Schwächen und effektivere Alternativen zu unterziehen.

¹⁶⁸ Vgl. Perla, Peter P.: *The Art of Wargaming. A Guide for Professionals and Hobbyists*, S. 164.

¹⁶⁹ Stabs- Rahmenübung. Eine Übung, in der vorrangig das Personal eines militärischen Stabes ohne Einbindung der Truppe beübt wird.

¹⁷⁰ Vgl. Perla, Peter P./ McGrady, E.D.: *Why Wargaming Works*, in: *Naval War College Review* Vol. 64, No. 3, S. 113.

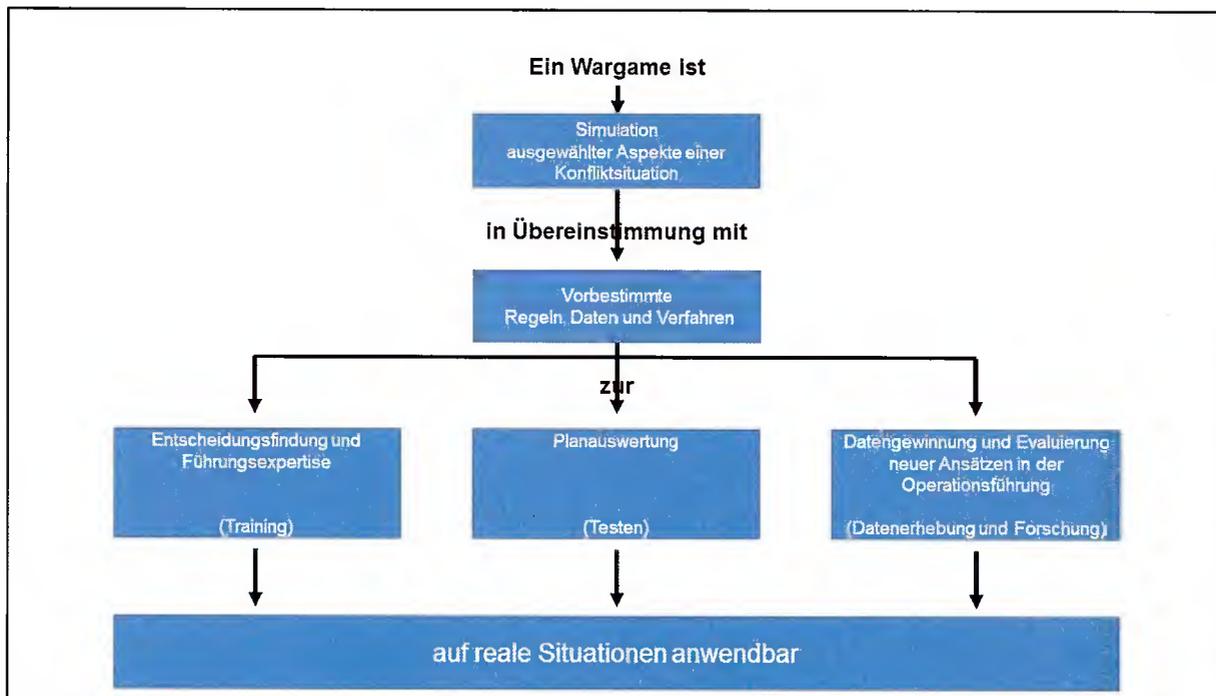


Abbildung 3: Venture Simulation in War¹⁷¹

Die Forschung unterscheidet im Kern drei Aufgaben des Wargaming: Training, Testen und Forschung/ Erprobung neuer Konzepte.¹⁷² Das Training ermöglicht es dem Führungspersonal, unter determinierten Rahmenbedingungen, wie Zeit, Gelände und Truppe zu üben, die in der Realität nicht zur Verfügung stehen. Zudem erlaubt das Wargaming, Führungsprozesse anhand bestimmter Kriterien (Zeit, Lageänderungen, Stress) zu üben. Nachteilig wirkt sich dabei derzeit hingegen aus, dass Wargaming in der militärischen Ausbildung größtenteils durch Stabsoffiziere genutzt wird und niedrigere Hierarchieebenen (bspw. Unteroffiziere) nicht beübt werden. Zudem kann Wargaming nicht die „Clausewitz’schen Friktionen“, also einzigartige, unvorhersehbare Probleme, wie sie in Gefechten mannigfaltig auftreten, in Gänze abbilden. Darüber hinaus binden komplexe Wargaming-Übungen eine Vielzahl an Personal und Zeit, die für Aufbau, Einführung und Training der Teilnehmer notwendig sind.

Die Möglichkeit des Testens militärischer Operationen in Vorbereitung auf reale Kampfhandlungen ist als Analysemöglichkeit durch Militärs besonders im 20. Jahrhundert intensiv genutzt worden. Dabei steht die Überprüfung des vorab erarbeiteten Operationsplans auf Durchführbarkeit und der Erarbeitung von Handlungsoptionen

¹⁷¹ Vgl. Hausrath, Alfred H.: Venture Simulation in War, Business, and Politics, S. 9.

¹⁷² Vgl. ebd. S. 18ff.

in Bezug auf das gegnerische Agieren im Vordergrund. Das Testen schafft ein einheitliches Verständnis von der eigenen „Idee des Gefechts“ und erzeugt Handlungssicherheit in der Anwendung des Führungsprozesses. Es ist jedoch kein Prognosemittel, um den Verlauf von realen Operationen vorzuzeichnen oder zu bestimmen.

Das Forschen mittels Wargaming dient in erster Linie nicht der Analyse von Operationsszenarien, sondern soll Erkenntnisse bringen, wie bspw. Menschen in Hochstresssituationen agieren oder wie schnell militärische Entscheider nach Phasen der Extrembelastung wieder einsatzbereit sind. In den letzten beiden Jahrzehnten diente diese Forschungsmethode zudem besonders der Implementierung moderner IT-Infrastruktur in Führungsstäbe und der Evaluation, wie diese neuartige Technologie für Militärs nutzbar gemacht werden kann.

Wargaming ist inzwischen eine anerkannte und verlässliche, wissenschaftliche Methode, um komplexe Fragestellungen vereinfacht darzustellen und zu visualisieren, die aber in Deutschland nur selten angewandt wird.

2. Human Factors

Als Human Factors wird meist die Abgrenzung von „menschlichen Faktoren“ zu „technischen Faktoren“ verstanden. Diese Sichtweise greift allerdings zu kurz. Für das Verständnis von Human Factors hat gerade die Verknüpfung von menschlichen und technischen Faktoren entscheidende Bedeutung.¹⁷³

Deshalb wird Human Factors definiert als „...eine interdisziplinäre Forschungsrichtung, die zum einen Grundlagenforschung realisiert mit dem Ziel des Erkenntnisgewinns über Menschen als Ressource und begrenzendem Faktor im System Mensch und Technik. Zum anderen ist Human Factors eine angewandte Wissenschaft, die Anwendungswissen für Problemlösungen in der Praxis bereitstellt. Die vorrangige Zielstellung besteht darin, negative Folgen der Interaktion Mensch und Technik zu vermeiden bzw. zu vermindern und so das Wohlbefinden der Handelnden zu gewährleisten und die Sicherheit sowie Funktionsfähigkeit des Systems zu verbessern.“¹⁷⁴

¹⁷³ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 4, dazu auch: Vgl. Chapanis, Alphonse: Human Factors in Systems Engineering, S. 11ff.

¹⁷⁴ Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 7.

Der Mensch nimmt in diesem System von Aufgabe, Technik und Organisation eine Schlüsselrolle ein, denn nur er besitzt die Fähigkeit, Ereignisse als Gefahren oder Bedrohung einzuordnen und damit potenzielle Risiken zu erkennen und frühzeitig angemessene vorbeugende Maßnahmen auf den Weg zu bringen und umzusetzen.¹⁷⁵

Die Rolle des Menschen in diesen automatisierten Systemen ist vielfältig. Seine Aufgabe besteht darin, das System zu programmieren, das heißt zu planen und ihm mitzuteilen, was es machen soll, um anschließend die Ausführung zu überwachen und einzugreifen, wenn die Tätigkeiten des Systems nicht den Erwartungen entsprechen. Schließlich soll der Mensch aus den Erfahrungen mit dem System lernen und ein eigenes Systemverständnis entwickeln. Der Mensch wird in der Interaktion von Mensch und Maschine jedoch zunehmend als Problem und Risikofaktor im technischen System gesehen. Die Unfallstatistiken im Bereich der Luftfahrt oder im Bereich der Kernkrafttechnologie scheinen diese These zu bestätigen.¹⁷⁶

Um diesem Risiko zu begegnen, schreitet der Grad der Automatisierung noch weiter voran. Das heißt, weitere Aufgaben, die vormals von Menschen erledigt wurden, werden nun immer mehr von Maschinen und Computern übernommen; dem Menschen kommt nur noch die kontrollierende, oder bspw. im Fall von Störungen, eine eingreifende Funktion zu. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass Menschen in kritischen Situationen wieder genau die Aufgaben übernehmen müssen, die zuvor der Maschine übertragen wurden, um menschliche Fehler zu vermeiden. Die Interaktion zwischen Mensch und System wird auf überwachende Tätigkeiten beschränkt, was dazu führt, dass sich der Mensch nicht mehr aktiv mit dem System auseinandersetzt und so tiefgreifende Kenntnisse verlorengehen oder nicht mehr entwickelt werden.¹⁷⁷ Blindes Vertrauen in das programmierte System sorgt häufiger auch dafür, dass die Aufmerksamkeit in der passiven Überwachungsrolle nachlässt und die Systemaktivitäten nicht vollumfänglich mit weiteren verfügbaren Informationen und

¹⁷⁵ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 4, dazu auch: Vgl. Wiener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, S. 3f.

¹⁷⁶ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 4f., dazu auch: Chapanis, Alphonse: Human Factors in Systems Engineering, S. 8ff. und Steininger, Konrad: Führung und Zusammenarbeit im Flugbetrieb - Crew Resource Management für Berufs- und Verkehrsflugzeugführer, S. 22.

¹⁷⁷ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 5.

dem eigenen Erfahrungsschatz abgeglichen werden. Dies kann bspw. im Flugverkehr bei der Nutzung von Autopiloten sehr schnell zur Katastrophe führen.¹⁷⁸ In diesem Fall spricht man von mangelndem oder fehlendem Situationsbewusstsein (Situation Awareness).¹⁷⁹ Dem gegenüber ist es nicht weniger problematisch, wenn ein Nutzer einem technischen System zu wenig Vertrauen entgegenbringt und die Funktionen eines grundsätzlich zuverlässig arbeitenden automatisierten Systems nicht vollumfänglich nutzt. Dadurch beraubt sich der Nutzer der Unterstützungsleistung des Systems oder produziert sogar Fehler, welche durch die Nutzung der Maschine fast ausgeschlossen werden könnten.¹⁸⁰ Zudem wird bei der Abgrenzung von Human Factors zu technischen Faktoren häufig vergessen, dass auch Maschinen, Computer und Systeme von Menschen entwickelt wurden und sich so jeder Fehler in der Gestaltung, Konstruktion oder Nutzung von Systemen auf Human Factors zurückführen lässt.¹⁸¹

Der Ursprung von Human Factors findet sich im Scientific Management nach Frederic W. Taylor. Durch Optimierung von Management, Arbeit und Unternehmen sollte unter den gegebenen Bedingungen eine ausführliche Analyse der Arbeitsprozesse und der einzelnen Arbeitsschritte erfolgen, die Ausführung der Tätigkeiten optimiert und so die bestmögliche Arbeitsleistung erzielt werden.¹⁸²

Ein Anwendungsfall von Human Factors ist das Crew Resource Management (CRM). Da Flugzeugcrews zwangsläufig nicht immer aus den gleichen Teammitgliedern bestehen (können) wurde mit CRM ein Standard eingeführt, der für jedes Crewmitglied eine Basisausbildung (Initial Crew Resource Management Training), eine auf den jeweiligen Posten im Flugzeug zugeschnittene aufgabenspezifische

¹⁷⁸ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 338.

¹⁷⁹ Vgl. Schaub Harald: Resilienz: Menschen und Organisationen widerstandsfähig machen - Gemeinsames Lageverständnis als Basis der Resilienz von Stäben und Organisationen, S. 164f.

¹⁸⁰ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 339ff.

¹⁸¹ Vgl. ebd., S. 5, dazu auch: Vgl. Chapanis, Alphonse: Human Factors in Systems Engineering, S. 9f. und Steininger, Konrad: Führung und Zusammenarbeit im Flugbetrieb - Crew Resource Management für Berufs- und Verkehrsflugzeugführer, S. 45f.

¹⁸² Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 11.

Ausbildung und später eine regelmäßig nachzuweisende Wiederholungsausbildung vorsieht.¹⁸³

CRM ist eine Schulung von Luftfahrzeugbesatzungen, um Flugunfälle aufgrund von menschlichem Versagen zu vermeiden.¹⁸⁴ Dabei sollen die nicht-technischen Fertigkeiten der Crew-Mitglieder geübt und verbessert werden. Kooperation, situative Aufmerksamkeit, Führungsverhalten und Entscheidungsfindung sowie die zugehörige Kommunikation sind Themen dieser Ausbildung.¹⁸⁵ Die Aufteilung von Aufgaben und die Absprache darüber, wer welche Aufgaben übernimmt werden ebenfalls trainiert. So übernimmt bspw. ein Besatzungsmitglied die Lösung eines technischen Problems, während der Pilot das Flugzeug steuert. Zusätzlich wird auch die Kommunikation mit dem Kabinenpersonal geübt, um Notfälle zu erkennen und auch entsprechend zu kommunizieren.¹⁸⁶ Hintergrund der Einführung des CRM-Konzeptes war, dass Unfalluntersuchungen immer wieder ergaben, dass die Piloten sowohl technisch als auch fliegerisch sehr gut ausgebildet waren, jedoch deutliche Defizite in der Zusammenarbeit zwischen dem Kapitän und dem rangniedrigeren Ersten Offizier zu erkennen waren. In der zum Thema CRM ausgewerteten Literatur wurde behauptet, dass Flugkapitäne mit dem Verweis auf ihre höhere Anzahl von Dienstjahren und ihre Autorität bei vielen Unfällen Bedenken des Ersten Offiziers zur Seite geschoben und an ihren Entscheidungen festgehalten haben sollen. Ebenso sollen fehlender Wille, Entscheidungen zu treffen und Aufgaben zuzuweisen, zu einigen Unfällen geführt haben.¹⁸⁷ Flugunfallstatistiken, welche die genannten Zusammenhänge valide bestätigen, wurden in der ausgewerteten Literatur nicht gefunden und konnten auch nicht recherchiert werden.

Nicht nur in der Luftfahrt hat man die Notwendigkeit des CRM erkannt. Nach diversen Schiffsunfällen, welche auf menschliches Versagen zurückzuführen waren, ent-

¹⁸³ Vgl. Steininger, Konrad: Führung und Zusammenarbeit im Flugbetrieb - Crew Resource Management für Berufs- und Verkehrsflugzeugführer, S. 33ff.

¹⁸⁴ Vgl. Wiener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, S. 3f., dazu auch: Vgl. Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L./ Anca, José: Crew Resource Management, S. 4.

¹⁸⁵ Vgl. Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L./ Anca, José: Crew Resource Management, S. 182.

¹⁸⁶ Vgl. Wiener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, S. 4ff.

¹⁸⁷ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 222ff. und S. 324f., dazu auch: Vgl. Wiener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, S. 57f.

schloss man sich im skandinavischen Raum zu Beginn der 1990er Jahre die Prinzipien des luftfahrtspezifischen CRMs zu übernehmen und mit der Entwicklung des Bridge Resource Management (BRM) auf den maritimen Sektor zu übertragen. Erste Ansätze für ein solches Training hatte es bereits Anfang der 1970er Jahre beim Warshash Maritime Center in Southampton (Großbritannien) für Schiffmeister und Offiziere, die bei den großen Ölfirmen beschäftigt waren, gegeben. Der erste BRM-Kurs wurde im Juni 1993 durchgeführt und in den folgenden Jahren als Standard der weltweiten Schiffsindustrie etabliert. So implementierte bspw. die dänische MAERSK Line als weltweit größte Containerschiff-Reederei 1994 das CRM Training für Schiffsbesatzungen.¹⁸⁸

Im Jahr 2003 entschied man sich, das BRM zum Maritime Resource Management (MRM) weiterzuentwickeln. Hintergrund war die Einbeziehung von Schiffsoffizieren, Ingenieuren, Marinefliegern und Radarpersonal in das BRM, um die Wahrscheinlichkeit der Verhinderung von Schiffsunfällen und Unfällen auf See aufgrund von menschlichem Versagen weiter zu erhöhen.¹⁸⁹

Human Factors im militärischen Handeln

Die Forschung auf dem Gebiet der Human Factors hat über die letzten Jahrzehnte deutlich an Relevanz für moderne Streitkräfte zugenommen und die strategischen und taktischen Überlegungen nachdrücklich beeinflusst. Dabei sind Human-Factors-Analysen seit rund 100 Jahren eines der Kernthemen der militärischen Forschungsarbeit, welche im ersten Weltkrieg ihre Anfänge hatte, als es um die Auswahl und Rekrutierung von Soldaten ging, die geeignet waren, sich schnell und problemlos in neue Aufgabengebiete einzuarbeiten. Außerdem sollten für sie die Trainingsmethoden verbessert werden, um deren Ausbildung zu optimieren und zu beschleunigen. Die USA begannen in der Zeit vor dem ersten Weltkrieg mit der Erarbeitung von Trainingsmethoden für Soldaten und setzten ihre Forschungsarbeit für die Human-Factors-Forschung im Verteidigungs- und Rüstungssektor auch vor dem zweiten Weltkrieg fort, wobei das Hauptaugenmerk auf dem Bereich der Luftfahrt lag. Auch in Frankreich, England und Italien wurde nach dem ersten Weltkrieg im Bereich der Human Factors geforscht, wobei hier Wille und Emotionen, sowie physiologische

¹⁸⁸ Vgl. Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L./ Anca, José: Crew Resource Management, S. 319f.

¹⁸⁹ Vgl. ebd., S. 320f.

Reaktionen während des Fliegens Forschungsgegenstand waren. Es galt, das Auswahlverfahren für Piloten zu verbessern, da im ersten Weltkrieg zu viele Piloten aufgrund menschlichen Versagens ihr Leben verloren hatten.¹⁹⁰

In England wurden zudem in der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg an der Universität von Cambridge erste Human-Factors-Experimente zur Verbesserung des Designs der Ausrüstung durchgeführt. Während des zweiten Weltkrieges verstärkten und weiteten die genannten Länder ihre Aktivitäten in der Human-Factors-Forschung aus, so dass einige der damaligen Errungenschaften bis heute akzeptierte Standards sind, bspw. die rote Nachtbeleuchtung in Gefechtsständen und Führungsfahrzeugen.¹⁹¹

Die US-amerikanischen Streitkräfte haben das Human Factors Engineering mit dem Military Standardization Handbook (MIL-HDBK-759) verschriftlicht. In diesem Handbuch werden die genauen Anforderungen an die Konstruktion des Materials und der Ausrüstung für amerikanische Soldaten beschrieben. So wurden bspw. Standards für Handwaffen, inklusive Ladetätigkeiten, Reinigung und Instandsetzung festgelegt. Auch der Standard für die Einrichtung und Ausgestaltung von Unterkünften ist Thema des Handbuchs, sowie der Aufbau und die Handhabung von Kommunikationssystemen.¹⁹² Dieses Handbuch beschreibt allerdings nur die rein technische Seite von Human Factors, die Wechselwirkung des Menschen mit diesen technischen Systemen wird jedoch nicht berücksichtigt.

In den vorangegangenen Kapiteln wurden wissenschaftliche Methoden vorgestellt, welche den Streitkräften vor allem dazu dienlich sind, den Menschen in den Streitkräften bei Entscheidungen zu unterstützen und ihm Entscheidungen abzunehmen. Dabei ging es mit den Methoden Modellbildung & Simulation, sowie Operations Research überwiegend um die Entwicklung technischer Hilfsmittel, die den Menschen mit seinen individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten nicht oder nur unzureichend betrachten. Die zunehmende Nutzung dieser technikbasierten Methoden ist

¹⁹⁰ Vgl. Wiener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, S. 338.

¹⁹¹ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 270f., dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 272f.

¹⁹² Vgl. Woodson Wesley E./ Tillman Barry/ Tillman, Peggy: Human Factors Design Handbook - Information and Guidelines for the System of Designs, Facilities, Equipment and Products for Human Use, S. 100f.

auch dafür verantwortlich, dass der Mensch als handelndes Individuum vernachlässigt wurde und wird.

Aufgrund der heute immer komplexer werdenden Waffen- und militärischen Kommunikationssysteme rückt der Mensch jedoch wieder mehr in den Fokus der militärischen Human-Factors-Forschung. Er muss in unterschiedlichen Handlungskontexten betrachtet werden, zum einen als Soldat und Führer im Einsatz in modernen Konfliktszenarien, zum anderen als ein Teil der militärischen, komplexen und technologisch komplizierten Prozesse aus Führung, Aufklärung und Wirkung. Schließlich ist der Soldat als Staatsbürger in Uniform auch Meinungsbildner und Meinungsträger im sicherheitspolitischen Kontext.¹⁹³ Diese Vielseitigkeit der Anforderungen an den Menschen macht ihn als militärischen Führer zunehmend zum Problem, zum Störfaktor, zur Bedrohung oder zum Risiko, aber auch zum Problemlöser in einer Welt der vernetzten, globalen Bedrohungen und Herausforderungen und auch im Rahmen immer komplexer werdender Rüstungsprojekte. Der Soldat als Mensch wird vor ungewohnte, unbestimmte, aber auch unerwartet belastende und für ihn neuartige, kritische Situationen gestellt, für die es keine Routineantworten gibt. Somit ergeben sich an ihn stetig wachsende Anforderungen an die Denk-, Planungs-, Entscheidungs-, Führungs- und Handlungsfähigkeit.¹⁹⁴

Um in komplexen, teilweise neuartigen, militärischen Lagen und Einsatzszenarien erfolgreich handeln zu können, kann man auf die Erfahrungen und Erkenntnisse zu Handlungen in komplexen und kritischen Situationen aus anderen Hochrisikobereichen, bspw. der Atom- und Energiewirtschaft oder der Biotech-Industrie, zurückgreifen, denn auch in diesen Bereichen ergibt sich die Notwendigkeit von Entscheidungen unter Risiko, Zeitdruck und Unsicherheit.¹⁹⁵

Die Streitkräfte müssen als ganzheitliches System betrachtet werden, wo für Human-Factors-Analysen Arbeitsplatz-, Handlungs-, Organisations-, Kommunikations- und Interaktionsanalysen Untersuchungsgegenstand sein müssen, um so die Wechselwir-

¹⁹³ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 270.

¹⁹⁴ Vgl. Schaub, Harald: Der Soldat als Human Factor - Störfaktor moderner Rüstungsprojekte?, S. 1, dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 271 und Wener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, S. 16ff

¹⁹⁵ Vgl. Schaub, Harald: Objektive Persönlichkeitsdiagnostik und Personalauswahl für spezielle militärische Aufgaben, S. 1.

kungen zwischen Mensch, Organisation und Technik bei der Anwendung von Human-Factors-Analysen erkennen und bewerten zu können. Ausgewählte Aspekte von Human Factors im Kontext der Streitkräfte sind daher Belastung und Stress im Einsatz, körperliche Beanspruchung durch Ausrüstung und Material, Anforderungen an die Qualität des Führungspersonals, benutzerfreundliche Anpassung bei der Nutzung und Bedienung von technischen Systemen, Interaktions- und Kommunikationsprozesse in Führungseinrichtungen durch die Nutzung moderner Informations- und Kommunikationsmittel, Stimmigkeit von Führungsprozessen und -verfahren, der komplette Bereich des Personalmanagements, Organisationsentwicklung, Anpassungsprozesse an ein sich veränderndes Umfeld, methodisches Rüstzeug für Übungen, Experimente und Analysen insbesondere im Rahmen der Einsatzvorbereitung und Wechselwirkungen der Elemente aus PMESII (Policy, Military, Economy, Social, Infrastructure, Information).¹⁹⁶

Diese Vielzahl von Human Factors kann im Rahmen von modernen Rüstungsprojekten und aktuellen Einsatzszenarien nicht vollumfänglich berücksichtigt werden. Um diese Vielzahl der Aspekte einzugrenzen, gilt es, die charakteristischen Restriktionen der Streitkräfte zu beachten. Dies betrifft bspw. die hierarchisch und bürokratisch organisierte Aufbau- und Ablauforganisation oder die politischen Vorgaben für eine Parlamentsarmee, sowie Tradition und Geschichte der Streitkräfte.¹⁹⁷

Aktuelle und zukünftige Einsatz- und Krisenszenarien machen eine Anpassung von Training und Ausbildung, Konzeptarbeit, Technikentwicklung und Anpassungen in der Organisation der Streitkräfte im Sinne der genannten Human-Factors-Aspekte erforderlich.¹⁹⁸ Für die Streitkräfte ergibt sich aus den neuen Einsatzbedingungen in Verbindung mit der Einführung neuer Technologien zwangsläufig das Erfordernis zu neuen Denkansätzen in der Sicherheits- und Verteidigungspolitik und der Abkehr von alten Denkmustern der Einsatzführung und traditioneller Waffengattungen. Der

¹⁹⁶ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 271f., dazu auch: Vgl. Schaub, Harald: Die Bevölkerung als Akteur? Krisenmanagement als eine ganzheitliche Aufgabe aller Beteiligten, S. 177.

¹⁹⁷ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 271f., dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 282.

¹⁹⁸ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 271f.

militärische Führer muss vielmehr als ein Element im System einer integrierten Sicherheits- und Verteidigungspolitik gesehen werden.¹⁹⁹ In den Streitkräften hat man die Notwendigkeit dazu erkannt. Knappe Budgets, mangelnder Durchsetzungswillen und fehlendes Verständnis erschweren die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Methodik der Human-Factors-Analyse.²⁰⁰

3. Knowledge Development

Im Rahmen der in dieser Arbeit verwendeten Studie des Fraunhofer Instituts wurde auch Knowledge Development (KD) als Anwendungsfall des OR betrachtet. Ziel von KD sollte es sein, mit Hilfe der systemischen Analyse Entscheidungsfaktoren zu verknüpfen, um Handlungsoptionen zu entwickeln und den Entscheidungsprozess zu unterstützen.²⁰¹ „Den Führungsprozess in einem komplexen Umfeld zu verbessern, da die Streitkräfte der Komplexität der gegenwärtigen Einsatzgebiete mit den klassischen Methoden der militärischen Operationsplanung kaum noch gerecht werden“ sollte ein weiteres Ziel von KD sein. Der militärische Führer von heute müsse in seinem Führungsprozess soziale, wirtschaftliche, ethnische und weitere Aspekte bei seinen Entscheidungen berücksichtigen.²⁰² Anzustreben ist dabei die „Reduktion der Komplexität“.²⁰³

KD geht dabei von einem „System of Systems“ aus. System wird hier als ein aus Einzelteilen vernetztes Ganzes verstanden. Die Entwickler der Methode KD gingen davon aus, dass man durch gezielte Eingriffe in das System „Einsatzland“ Zustands- oder Verhaltensänderungen eben dort bewirken könne. Es sollten also mit Hilfe der systemischen Analyse Stellschrauben gefunden werden, die zu einer wunschgemäßen Änderung des Systemzustandes führen. Die Beschreibung der Stellschrauben mittels Systemanalyse sollten die Grundlage für eine „bessere“ Entscheidung für den Entscheidungsträger schaffen, er sollte also erkennen, welche Stellschrauben ihm zur

¹⁹⁹ Vgl. Schaub, Harald: Der Soldat als Human Factor - Störfaktor moderner Rüstungsprojekte?, S. 9, dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Deveelopment & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 281f.

²⁰⁰ Vgl. Badke-Schaub Petra/ Hofinger, Gesine/ Lauche, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, S. 273.

²⁰¹ Vgl. Hartl, Dr. Christoph in: Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder, Ausgabe 02/2010.

²⁰² Forderung GenLt Jan Oerding als Befehlshaber des Kommandos Operative Eingreifkräfte in Ulm (GenLt Oerding wurde 2008 in den Ruhestand versetzt).

²⁰³ Vgl. Reeb, Dr. Hans-Joachim/Hartl, Dr. Christoph in: Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder, Ausgabe 02/2010, Editorial Knowledge Development.

Verfügung standen und wie er diese beeinflussen kann, um sein gewünschtes Ziel zu erreichen. Grundlage von KD ist die sogenannte Knowledge Base, in der zielgerichtet wesentliche Informationen zum Einsatzraum gesammelt werden, bspw. erforderliche geographische Informationen, kulturelle Besonderheiten des Einsatzlandes und auch militärisch interessante Daten wie Ausrüstung und zahlenmäßige Stärke des Gegners. Die Knowledge Base soll sich sowohl aus eigenen, als auch aus gesammelten Informationen der Partnernationen im multinationalen Umfeld zusammensetzen. Den rechtlichen Rahmen für die gesammelten Informationen der Knowledge Base bildet das Datenschutzgesetz, das Humanitäre Völkerrecht begrenzt die nutzbaren Optionen zur Verwendung der Daten. Der aus der Knowledge Base entstandene verknüpfte Informationsraum besteht aus einer Datenbank, welche neben den Arbeitsprodukten der systemischen Analysten weitere Verknüpfungen zu anderen Datenbanken enthält, sowie einem virtuellen Anteil oder einem Netzwerk zu weiteren Experten. Mittels Knowledge Processing wird diese Datenbank gepflegt, das heißt, es werden fortlaufend neue Erkenntnisse hinzugefügt, überprüft, angepasst und die Datenbank entsprechend erweitert. Zudem wird auch dafür gesorgt, dass neu implementierte Erkenntnisse so bearbeitet werden, dass sie wieder auffindbar und weiterverwendbar sind. Darüber hinaus sind geeignete Schnittstellen zu entsprechenden Stabsfunktionen herzustellen, um die Zusammenarbeit in einem militärischen Hauptquartier zu ermöglichen.²⁰⁴

KD wurde vom 1. Juni bis zum 31. August 2007 im Einsatz bei KFOR erprobt. Untersucht wurden hierbei Fragestellungen sowohl zu kurzfristigen taktischen Beiträgen, als auch zu hochpolitischen Themen. Unterstützt wurde das Einsatzteam der Analysten durch ein Reachback-Element im Heimatland. Im Ergebnis zeigte sich, dass Bedarf an der systemischen Analyse vorhanden ist. Zudem konnten die entstandenen Produkte auch operativ genutzt werden. Dies machte deutlich, dass auch „Fremdanwender“ einen Nutzen aus KD ziehen können. Das Konzept zu KD unterliegt einem ganzheitlichen Ansatz und ist geprägt durch die ständige Einbindung externer Expertise, was dazu führt, dass nicht nur dem Bedarf der militärischen operativen Ebene Rechnung getragen wird, sondern dass man im Rahmen der Auswer-

²⁰⁴ Vgl. Hartl, Dr. Christoph in: Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder, Ausgabe 02/2010.

tung feststellte, dass gerade bei strategischen Überlegungen auch das erforderliche übergeordnete Lagebewusstsein geschaffen werden kann, zumal die Bundeswehr in den Auslandseinsätzen im vernetzten Ansatz agiert. Dies bedeutet, dass sowohl staatliche als auch nicht-staatliche Akteure an den Einsätzen beteiligt sind. Durch den ganzheitlichen Ansatz von KD kann eine Hilfe zum gegenseitigen Verständnis der jeweiligen Rolle und dem jeweiligen Handeln im Einsatzgebiet angeboten werden.²⁰⁵ Mittels KD ist eine Verbesserung der Entscheidungsqualität zu erwarten, da der Entscheidungsträger auf ein breiteres Portfolio an Beobachtungen und Erkenntnissen zurückgreift und tatsächliche und vermutete Zusammenhänge wesentlich tiefer als sonst üblich analysiert werden. Der Entscheidungsträger verfügt durch die vorgehaltene Analyse und die Reachback-Unterstützung über eine größere Informationsverarbeitungskapazität. Mittels Modellbildung und Simulation kann für den Entscheider tendenziell eine optimale Entscheidung herbeigeführt werden. Hierin liegt allerdings auch die Grenze der Methode, da bei Modellbildung und Simulation alle Entscheidungen bereits im Voraus durch den Modellierer getroffen werden und so der Einfluss menschlichen Verhaltens nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt wird.²⁰⁶ Um die Prozesse, welche durch menschliches Handeln entstehen, modellieren zu können, müsste man auf Methoden des OR und der Human Factors Analyse zurückgreifen. Nur so können die weichen, bspw. mentalen Faktoren wie Lernen, Denken, Wahrnehmen und Entscheiden, mit in die Betrachtung einbezogen werden. Die Knowledge Base bietet eine sehr gute und breite Datenbasis, welche unter Berücksichtigung der Aspekte der militärischen Sicherheit für alle freigegebenen Nutzer verfügbar ist. Allerdings sind diese Daten überwiegend qualitativer Natur, während OR überwiegend mit quantitativen, also numerischen Daten arbeitet, sodass man in der Knowledge Base den Anteil der quantitativen Datenmenge erhöhen müsste, um KD und OR zu kombinieren. So könnte in jedem Fall eine deutliche Verbesserung der quantitativen Analysefähigkeit der Bundeswehr erreicht werden.²⁰⁷

²⁰⁵ Vgl. Hartl, Dr. Christoph in: Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder, Ausgabe 02/2010, dazu auch: Vgl. Honekamp, Wilfried: Concept Development & Experimentation - Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, S. 186ff.

²⁰⁶ Vgl. Hartl, Dr. Christoph in: Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder, Ausgabe 02/2010.

²⁰⁷ Vgl. Fraunhofer Institut: NT- Studie Operations Research Unterstützung für den Grundbetrieb der Bundeswehr, Abschlussbericht S. 38ff.

Die Methode Knowledge Development wurde nach dem Ende des Projekts, welches als CD&E-Vorhaben ausgestaltet war, nicht weiter verfolgt, da die Einführung der Methode gleichzeitig eine Änderung der militärischen Strukturen (Stichwort flache Hierarchien) bedeutet hätte, für die der Operateur nicht bereit war. Die Bundeswehr entschied sich daher im Jahr 2010 gegen eine Einführung dieser Methode. Sie wird aber unter anderem in den Niederlanden weiter verfolgt. Um zu veranschaulichen, welche Daten für Knowledge Development gesammelt werden sollen und in welchen komplexen Zusammenhängen diese stehen, eignet sich die sogenannte „Spaghetti-Slide“. Da die Daten aus der Erprobung von KFOR aus Sicherheitsgründen der Einstufung unterliegen, wird in dieser Arbeit alternativ das Schaubild aus dem ISAF-Einsatz verwendet, welches im Internet auf diversen amerikanischen Webseiten verfügbar ist.

Diese PowerPoint-Folie wurde im Sommer 2009 in Washington für den ISAF-Einsatz erstellt und durch General Stanley A. McChrystal mit ins Einsatzgebiet gebracht und dort veröffentlicht. General McChrystal, zu dieser Zeit Kommandeur von ISAF, sagte über dieses Schaubild: „...wenn wir diese Folie verstehen, werden wir den Krieg gewinnen...“ General McChrystal meinte damit, wenn es gelingt, die Komplexität der Zusammenhänge zu verstehen, besteht eine realistische Chance, den ISAF-Einsatz zum Erfolg zu führen. Eine Reporterin der New York Times, Elizabeth Bumiller, hatte dieses Statement jedoch missverstanden. Sie hatte General McChrystal's Äußerung wörtlich genommen, nämlich dass das Verstehen von PowerPoint-Folien ausreiche, um den ISAF-Einsatz erfolgreich zu gestalten. In ihrer Perzeption war der neue Feind der Streitkräfte das Microsoft Office Programm PowerPoint, welches dazu führe, dass die Streitkräfte ihren eigentlichen Auftrag aus den Augen verlieren und zu viel Zeit in die Produktion von PowerPoint-Präsentationen investieren.²⁰⁸

²⁰⁸ <http://www.nytimes.com/2010/04/27/world/27powerpoint.html> (Stand 15.01.2017)

IV. Das Zusammenspiel der wissenschaftlichen Methoden in einem beispielhaften CD&E-Vorhaben

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die wissenschaftlichen Methoden zur Zukunftsentwicklung der Bundeswehr vorgestellt. In diesem Kapitel soll es nun darum gehen, die vorgestellten wissenschaftlichen Methoden zusammenzuführen und in einem beispielhaften „CD&E-Vorhaben“ aufzuzeigen, ob und wie sich unter Anwendung der dargestellten Methoden sinnvoll neue Methoden für die Streitkräfte entwickeln lassen und welcher Nutzen daraus gegebenenfalls für die Streitkräfte gezogen werden kann.

1. Motivation zur Durchführung des CD&E-Vorhabens

Auf Grundlage eines Projektes des Operations Research Department der Naval Postgraduate School, welche ein optimiertes Modell für Nutzer von Unbemannten Fluggeräten in Spezialoperationen entwickelt hatten²⁰⁹, entstand in Zusammenarbeit mit der Professur für Angewandte Mathematik der HSUBw Hamburg die Idee, ein ähnliches Modell für deutsche Drohnenbediener auf Basis eines Wargames zu entwickeln und dieses parallel dazu mit einem OR-Modell zu ergänzen.

Die Hypothese lautet also:

„Kann ein solches Wargame in Verbindung mit einem entsprechenden OR-Modell dazu beitragen, Handlungsoptionen für Drohnenbediener zu entwickeln und zu trainieren, sowie deren Durchführbarkeit zu analysieren.“

Ziel dieses CD&E-Vorhabens ist es also, durch eine Kombination vorhandener qualitativer Methoden eine neue, wissenschaftlich basierte Methode für die Streitkräfte zu entwickeln, welche als Entscheidungshilfe bei der Bewältigung einer komplexen Planungsaufgabe dienlich ist und zur Verbesserung der Ausbildung, bspw. von Fluggeräteeinsatzfeldwebeln, beiträgt. Diese Methode wurde im Ausbildungszentrum des Heeres (AusbBerHAufklTr) in Munster bereits vorgestellt und auf die Praktikabilität in der Ausbildung getestet. Eine weitere Präsentation inklusive eines Experiments mit der Methode erfolgte am 29. August 2017 beim Aufklärungsgeschwader 51 in Jagel.

²⁰⁹ Vgl. Kress, Moshe/ Royset, Johannes O.: Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations.

Das für die Methode notwendige OR-Modell wurde von einer Studentin der HSUBw Hamburg im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, im Rahmen ihrer Studienarbeit programmiert und zur Verfügung gestellt.

2. Wargame Enhanced LUNA Warrior

In einem Projekt der Naval Postgraduate School²¹⁰ wurde die Simulation des optimalen Flugweges eines Unbemannten Fluggerätes (UAV) mittels eines OR-Modells vorgestellt. Aus den Ausführungen des zugehörigen Paper entstand die Idee, den Dröhnenflug mit einer Drohne LUNA, welche den Auftrag erhält, irreguläre Kräfte aufzuklären und an einem Anschlag zu hindern, in einem Wargame zu simulieren und dies durch ein Tabletop Wargame „Enhanced LUNA Warrior“ anwenderfreundlich umzusetzen.

Hiermit soll ein aus dem ISAF-Einsatz in Afghanistan bekanntes Szenario umgesetzt werden, um die Bedeutung der wissenschaftlichen Methode jenseits der Theorie an einem konkreten Beispiel darzustellen.

Immer wieder haben dort irreguläre Kräfte Anschläge verübt und trotz der Hinweise und Warnungen durch die Geheimdienste und das Militärische Nachrichtenwesen ist es nur selten gelungen, diese Anschläge zu verhindern. Meist konnte nur mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten angegeben werden, woher sich die Angreifer dem Anschlagziel nähern. Dies führte dazu, dass es stets hinreichend komplex war, die irregulären Kräfte vor dem Erreichen des Anschlagortes aufzuklären und in der Folge dann an der Durchführung des Anschlags hindern zu können.

Das Design des Brettspiels entstand nach dem Vorbild der Spielbretter des britischen Wissenschaftlers Philip Sabin. Er nutzt Spielbretter, auf denen die Spielfelder als Hexagone angeordnet sind.

Um die Spielidee des Wargames umzusetzen, galt es zunächst einige Fragestellungen zu beantworten und verschiedene Annahmen zu treffen. Aus dem Paper der Naval Postgraduate School ging hervor, dass bspw. die getaktete Zeit, also die Dauer eines Zeitschrittes von Bedeutung ist. Damit diesem Aspekt im Wargame Rechnung getragen werden kann, war für das Brettspiel festzulegen, wieviel Spielfelder pro Spielzug

²¹⁰ Vgl. Kress, Moshe/ Royset, Johannes O.: Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations.

mit der Drohne und den irregulären Kräften möglich sind. Die Anzahl der pro Zug überwindbarer Spielfelder sollte sich sowohl an der Fluggeschwindigkeit der Drohne, als auch an der Fahrzeuggeschwindigkeit der irregulären Kräfte orientieren. Amerikanische UAV verfügen über eine sogenannte Ground Control Unit (GCU) und ein Mission Control Center, die miteinander kommunizieren und gegebenenfalls Sichtverbindung benötigen, um das UAV zu steuern. Diesen Zusammenhang galt es an die Eigenschaften des Waffensystems LUNA anzupassen und dessen Kommunikationsmöglichkeiten zu adaptieren. Daraus war für das Wargame zu definieren, ob gegebenenfalls die GCU und/ oder das MCC eventuell mit der Bewegung der Drohne auf dem Spielfeld verschoben werden müssen. Weitere zu berücksichtigende Aspekte waren bspw., dass gegebenenfalls einzelne Spielfelder von der Drohne nicht „überflogen“ werden dürfen/ können, weil etwa bebautes Gebiet oder die Gipfelhöhe von Bergen dies verhindern. Weiterhin war zu klären, ob ein Drohnenzug mit mehreren Drohnen eingesetzt werden soll und welche Auswirkungen dies auf die Drohnenbewegung hat, bzw. ob es notwendig ist, eine Anzahl an Spielfeldern festzulegen, die gegebenenfalls als Abstand zwischen zwei Drohnen bleiben müssen. Nicht zuletzt war von Bedeutung, wie lange die Drohne in der Luft bleiben kann. Daraus ergab sich für das Wargame, dass der Spieler, welcher die Drohne bewegt, gegebenenfalls einen oder mehrere Spielzüge aussetzen muss, weil die Drohne im „ground around“ ist, also betankt und neu gestartet werden muss. Für die Spielgestaltung kann auch das Verhalten der Drohne bei Nebel Relevanz haben. So war zu überlegen, ob die Drohne dann noch in der Lage ist, etwas aufzuklären und wie eine nicht vorhandene Sicht im Wargame umzusetzen ist.

Eine umfassende Aufstellung aller dynamischen und für das Wargame relevanten Faktoren aus dem Papier der Naval Postgraduate School findet sich in Anlage 1 dieser Arbeit.

Dem Wargame liegt eine aus dem ISAF-Einsatz der Bundeswehr bekannte Lage zu Grunde, die das Szenario für das Spiel abbildet.

„Irreguläre Kräfte haben in der Region um Kunduz einen terroristischen Anschlag auf eine Brücke geplant. Auf welchem Weg die irregulären Kräfte in den Raum Kunduz einfließen, ist nicht abschließend aufgeklärt. Das Militärische Nachrichtewesen des Deutschen ISAF-Kontingentes hat die PRT-Führung des PRT Kunduz

über die Anschlagpläne informiert, weitere Informationen liegen bisher nicht vor. Der PRT-Kommandeur beauftragt die Aufklärungskräfte der Schutzkompanie mit dem Drohnenzug LUNA, Aufklärungsergebnisse zu beschaffen, um die irregulären Kräfte an der Durchführung eines terroristischen Anschlages zu hindern.“

Aus diesem Szenario ergab sich das abschließende Design des Spielbretts. Es wurde mit der Software PC-Maps ein Karten-Overlay des Raumes Kunduz im Maßstab 1:50.000 erstellt, welches ein Overlay aus Hexagonen erhielt. Die räumliche Ausdehnung des zu erstellenden Overlays ergab sich aus der Beantwortung der Fragestellung, wie lange die Drohne in der Luft bleiben kann und mit welcher Geschwindigkeit sie fliegt. Die hierfür erforderlichen Daten wurden aus dem Datenblatt der Firma *emt-penzberg*, in welchem die technischen Daten des Systems LUNA zusammengestellt sind, entnommen.²¹¹

Bezüglich des Überfliegens von bebautem Gebiet oder von Bergen war in diesem Szenario nur das Überfliegen der bebauten Gebiete relevant, da das System auf einer Gipfelhöhe von mehr als 5.000 Metern fliegen kann und diese Höhe auf dem Karten-Overlay nicht zu finden ist. Die Aufklärungsdrohne LUNA ist gemäß den deutschen Regelungen nur für den Überflug von dünnbesiedelten Gebieten zugelassen. Aufgrund dessen ergaben sich Kartenausschnitte aus dem Overlay, welche den Überflug der Drohne nicht erlauben. Entsprechend wurden die Hexagone auf dem Spielbrett markiert. Der markierte Bereich (Sperrzonen) betrifft das Zentrum der Stadt Kunduz, das PRT, inklusive des zugehörigen Airfields, sowie den Bereich um den vermuteten Anschlagort.

²¹¹ http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/LUNA_de_01.pdf (Stand 20.01.2017), Anlage 2.

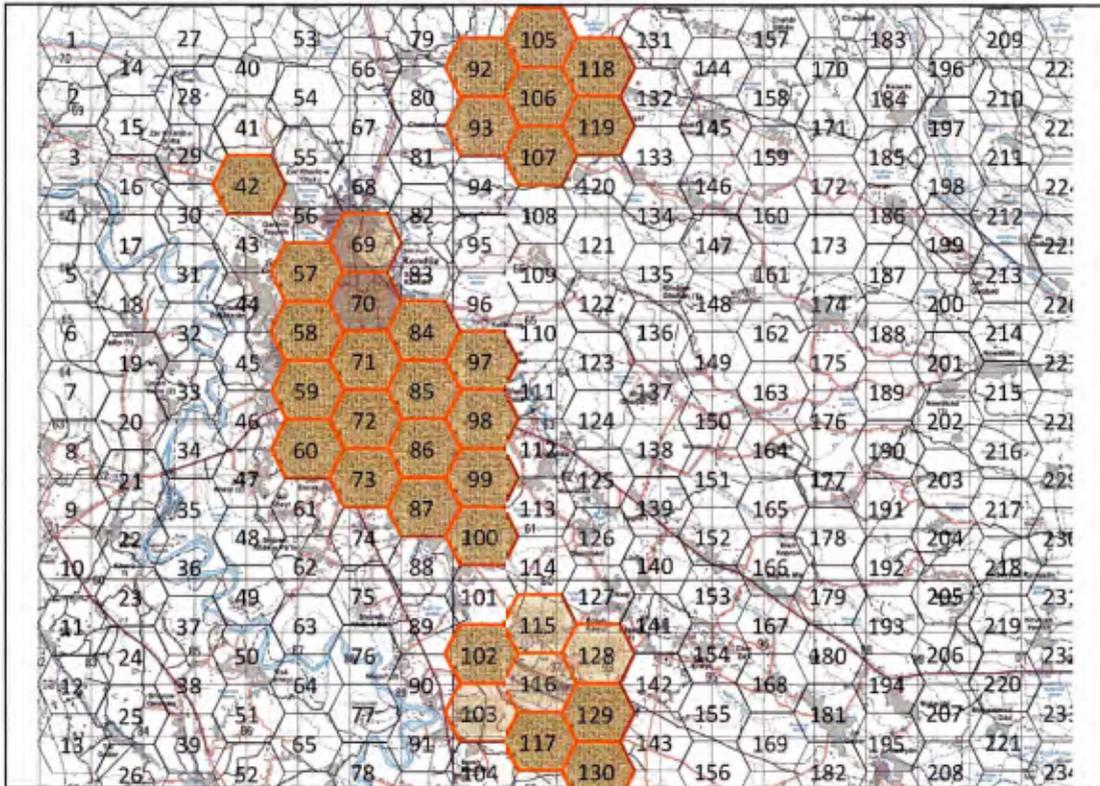


Abbildung 5: Spielbrett mit Sperrzoner.

Aus den technischen Daten war ersichtlich, dass das System LUNA nur mit einer Bodenkontrollstation (BKS) arbeitet, welche aber keinen Sichtkontakt zur Drohne benötigt. Aufgrund der großen Reichweite des Systems (> 100 km) ist es damit auch nicht notwendig, die BKS im Brettspiel mit der Drohne zu verschieben, da die räumliche Ausdehnung des Karten-Overlays kleiner gewählt wurde. Aus der Einsatzrealität abgeleitet, wird für die Missionsplanung immer nur eine Drohne eingesetzt, das zweite Gerät verbleibt als Redundanz am Boden. Daher ist hier die Fragestellung nach einem etwaigen Abstand zwischen zwei Fluggeräten obsolet.

Zur Flugeschwindigkeit der Drohne LUNA war dem Datenblatt zu entnehmen, dass sie im Aufklärungsmodus mit circa 70 km/h fliegt. Für die getaktete Zeit heißt das, dass der Spieler „Drohnenbediener“ im Wargame pro Spielzug zwei Spielfelder überwinden kann, der Spieler „Irreguläre Kräfte“ jeweils nur ein Spielfeld. Dies ergibt sich aus der angenommenen Fahrzeuggeschwindigkeit der irregulären Kräfte die bei Berücksichtigung der afghanischen Straßenverhältnisse im Durchschnitt nur halb so groß ist wie die Flugeschwindigkeit der Drohne.

Ziel des Spiels soll es sein, dass der Spieler „Drohnenbediener“ die irregulären Kräfte mit möglichst wenigen Spielzügen ausfindig macht und so den Anschlag verhindern kann. Dabei kann niemals mit 100%iger Genauigkeit vorhergesagt werden, auf welchem Weg die irregulären Kräfte zum Anschlagort gelangen. Da sie jedoch mit einem Fahrzeug unterwegs sind, können für die Anmarschwege bestimmte Wahrscheinlichkeiten generiert werden. Für das Wargame wurden drei verschiedene Anmarschwege festgelegt (Weg A, B, C). Um die Eintrittswahrscheinlichkeiten für alle drei Wege im Wargame umzusetzen, wurde ein Würfel in das Wargame implementiert. Hiermit lässt sich die zufällige Auswahl des Anmarschweges simulieren. Die folgende Abbildung zeigt das Spielbrett mit den drei möglichen Anmarschwegen (lila, grün, blau). Dieses Spielbrett ist gleichzeitig das Spielbrett für den Spieler „Irreguläre Kräfte“, der durch den Spielleiter wahrgenommen wird.

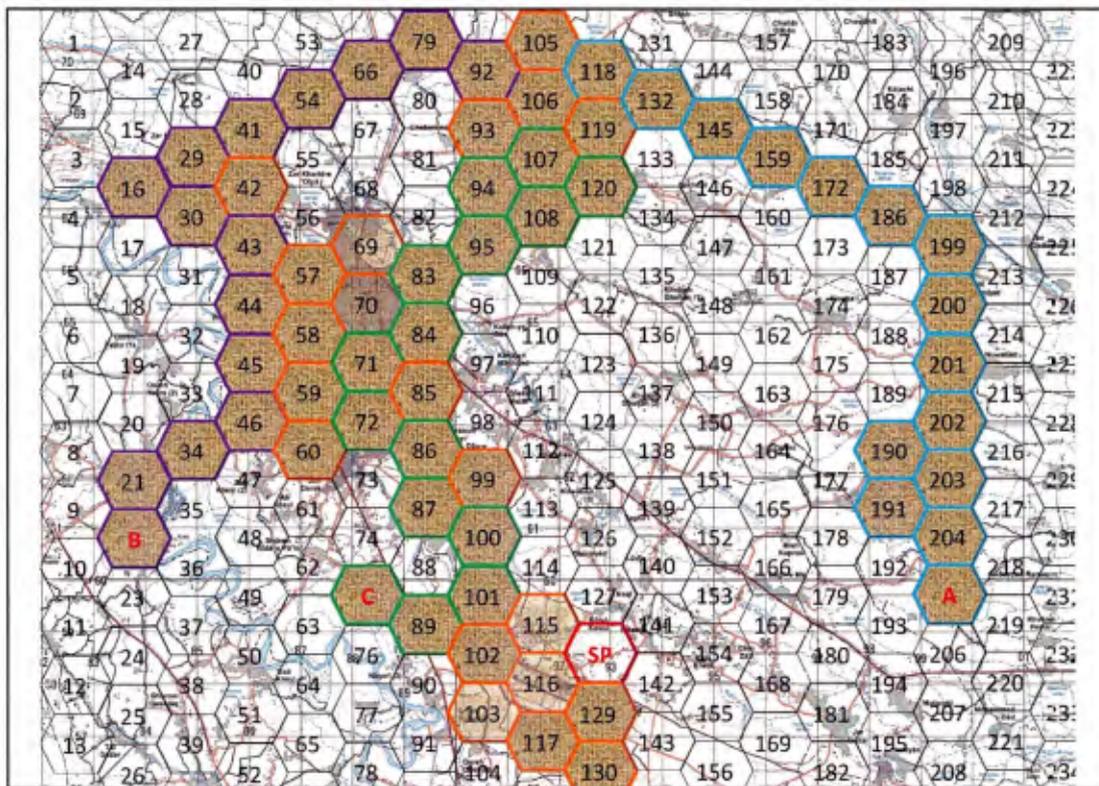


Abbildung 6: Spielbrett mit Anmarschwegen Irreguläre Kräfte

Der Drohnenbediener hat bei Beginn des Spiels aufgrund von Hinweisen des Militärischen Nachrichtenwesens nur die Information, mit welcher Wahrscheinlichkeit die irregulären Kräfte ihren Weg aus verschiedenen Orten zum Anschlagort beginnen. Er kennt weder den genauen Weg der Angreifer, noch weiß er, für welchen Weg sich

die Terroristen entscheiden werden. Wie beschrieben, wird der Weg der Angreifer im Wargame mit dem Würfel festgelegt, das Würfelergebnis erfährt der Spieler Drohnenbediener nicht. Die folgende Abbildung zeigt das Spielbrett des Spielers „Drohnenbediener“. Hier sind sowohl die Sperrzonen, als auch der eigene Startpunkt (SP) und die möglichen Startpunkte der Irregulären Kräfte (A, B, C) gekennzeichnet.

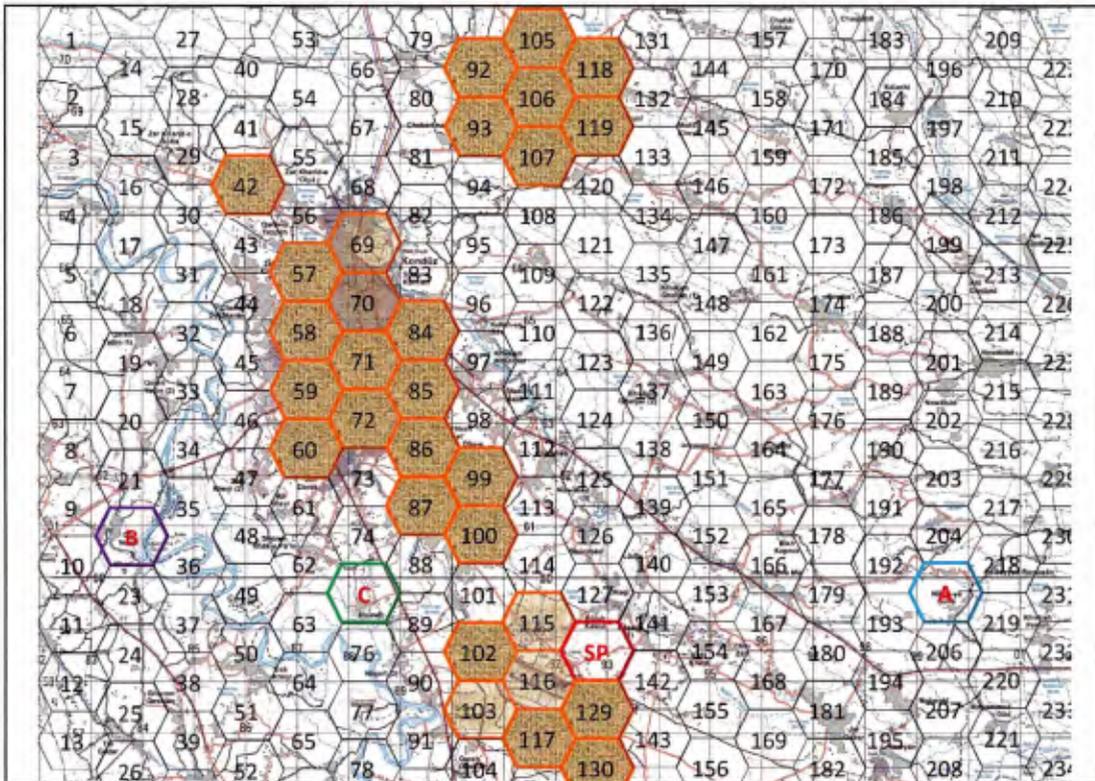


Abbildung 7: Spielbrett Drohnenbediener

Um im Wargame darzustellen, ob Nebel die Sicht der Drohne beeinträchtigt, kommt ebenfalls der Würfel zum Einsatz. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent ist Sicht gegeben, dies lässt sich mit dem Würfel einfach simulieren (1,2,3 – Nebel, 4,5,6 – freie Sicht). In einer Abwandlung des Spiels wird nach jedem Spielzug des Drohnenbedieners gewürfelt, um festzustellen, ob die Drohne Aufklärungsergebnisse liefert. Der Drohnenbediener kann nach Bekanntgabe des Würfelergebnisses seine Drohnenbewegung auf dem Spielbrett fortsetzen, auch wenn er keine Aufklärungsergebnisse bekommen hat oder auf dem jeweiligen Hexagon verweilen, wenn er mit dem nächsten Spielzug den Würfel noch einmal entscheiden lassen will, ob die Drohne nun Sicht hat und etwas aufklären kann.

Eine ausführliche Darstellung des Wargames inklusive der Spielregeln ist in Anlage 3 dieser Arbeit zu finden.

Für die Programmierung des OR-Modells sind die gleichen Faktoren zu berücksichtigen, sodass zuerst das Brettspiel und anschließend das OR-Modell entwickelt wurden. Die Umsetzung der Programmierung des OR-Modells findet sich in Anlage 5.

3. Konzept für das fiktive CD&E-Vorhaben „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldwebel“

Zunächst geht es darum zu analysieren, woraus sich die Notwendigkeit für ein solches CD&E-Vorhaben ergibt. Anschließend soll aufgezeigt werden, wer an diesem Vorhaben beteiligt ist und welche Aufgabe den jeweils Beteiligten zufällt.

Konzept für das fiktive CD&E-Vorhaben „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldwebel“

1. Einführung

Die Bundeswehr operiert seit vielen Jahren im Rahmen von Auslandseinsätzen zur internationalen Konfliktverhütung und Krisenbewältigung und ist an Friedens- und Stabilisierungsoperationen beteiligt. Asymmetrische Bedrohungen durch Terrorismus und nicht-staatliche Gewaltakteure machen ein umfassendes Lagebild für militärische Entscheidungsträger dringend notwendig, um komplexe Bedrohungsszenarien analysieren zu können und Risiken für die eigene Truppe zu minimieren. Einen entscheidenden Beitrag zu diesem Lagebild leistet die Aufklärungstruppe des Heeres mit ihrer Luftgestützten Unbemannten Nahaufklärungsausstattung, im Folgenden als Aufklärungsdrohne LUNA bezeichnet. Die Aufklärungsdrohne LUNA wurde bereits erfolgreich im Balkaneinsatz im Rahmen von KFOR und in Afghanistan bei ISAF eingesetzt und ist aktuell auch in Mali bei MINUSMA und EUTM MALI im Einsatz. Die Fluggeräteeinsatzfeldwebel, im Folgenden als Drohnenbediener bezeichnet, werden in Deutschland im Ausbildungsbereich der Heeresaufklärungstruppe (AufsBerHAufklTr) in Munster ausgebildet und so auf ihren Einsatz mit dem Fluggerät vorbereitet. Um im Einsatz schnell und effektiv Aufklärungsergebnisse liefern zu können, ist es notwendig, den Flugweg der Aufklärungsdrohne so zu planen, dass möglichst große Geländeabschnitte in kürzester Zeit überflogen werden können, um

umfassendes Aufklärungsmaterial zur Verfügung zu stellen. Da es sich hierbei um eine sehr komplexe Aufgabe handelt, muss diese immer wieder trainiert werden und der Drohnenbediener könnte unter Umständen von technischen Hilfsmitteln profitieren, um Fehler in der Planung und beim Einsatz des Fluggerätes zu vermeiden und Risiken zu minimieren.

2. Problemdarstellung

Im Rahmen dieses CD&E-Vorhaben wird die Fragestellung untersucht, inwiefern es möglich ist, die bereits vorhandenen und in der Bundeswehr angewandten wissenschaftlichen Methoden zielführend und gewinnbringend miteinander zu kombinieren. Die Anwendbarkeit der einzelnen Methoden gilt als erwiesen und wurde größtenteils in der Bundeswehr institutionalisiert. Deshalb wurde die weiterführende Frage entwickelt, ob die Anwendung der OR-Methode in Kombination mit der Methode des Wargaming überhaupt möglich ist und ob die Anwendung der Kombination dieser beiden Methoden, bspw. zur Verbesserung der Ausbildung von Fluggeräteeinsatzfeldwebern, geeignet ist. Das führte zur Entwicklung dieses Konzeptes, in welchem detailliert die Vorgehensweise zur Erarbeitung einer neuen, praktischen und wissenschaftlich basierten Methode, welche als Entscheidungshilfe bei der Bewältigung einer komplexen Planungsaufgabe dienlich sein soll, beschrieben wird.

Aus der allgemein formulierten Problemdarstellung ergab sich die konkrete Fragestellung des CD&E-Vorhabens, inwiefern der Flugweg der Aufklärungsdrohne LUNA in einem Wargame simuliert werden kann und im Weiteren, ob es mit Hilfe eines OR-Modells möglich ist, den optimalen Flugweg dieser Aufklärungsdrohne in dem Wargame zu bestimmen. Weiterhin wurde die Fragestellung aufgeworfen, inwiefern ein Fluggeräteeinsatzfeldweber sich auf seine Ausbildung und Einsatzerfahrung mit der Aufklärungsdrohne LUNA verlässt und den Flugweg der Drohne entsprechend plant oder ob er sich den errechneten Entscheidungsvorschlägen des OR-Modells annimmt und so die Flugroute der Aufklärungsdrohne in Teilen oder komplett gemäß OR-Modell festlegt.

3. Vorgaben und Rahmenbedingungen

In diesem Abschnitt werden Vorgaben und Rahmenbedingungen erläutert, die für die Entwicklung des Konzepts und dessen praktische Überprüfung im Rahmen des Vorhabens relevant sind.

Das Vorhaben ist praktischer Bestandteil einer Masterthesis und beschränkt sich aus Zeitgründen auf ein einmaliges Experiment mit einer kleinen Zielgruppe.

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Anwendbarkeit der Methode, das heißt, inwiefern lassen sich Wargame und OR-Modell miteinander kombinieren und sind diese dann noch sinnvoll mit dem gewählten Ansatz nutzbar.

Das Ausprobieren des Wargames unter Verwendung des OR-Modells im AusbBerHAufklTr findet einmalig statt, um die Praktikabilität der Methoden mit einer unabhängigen Versuchsgruppe zu testen.

Der Zeitpunkt der Durchführung des Experiments wird durch die Dienstpläne der FüAkBw, des AusBberHAufklTr und dem Stundenplan der HSUBw Hamburg bestimmt. Das laufende Dienstgeschäft der genannten Dienststellen soll durch die Durchführung der Experimentanteile des fiktiven CD&E-Vorhabens möglichst nicht beeinträchtigt werden.

a) Phasen des CD&E-Vorhabens

1. Entwicklung eines theoretischen Ansatzes zur Durchführung des Experiments
2. a) Entwicklung des Wargames
b) Entwicklung des OR-Modells
3. Experimentdurchführung am AusbBerHAufklTr in Munster
4. Analyse und Nachbereitung

Das Vorgehen in Phasen dient dazu, die Komplexität des Vorhabens auf ein handhabbares Maß zu begrenzen und die Experimentanalyse im Anschluss zu vereinfachen.

CD&E-Vorhaben
„Zusammenspiel der wissenschaftlichen Methoden zur
Zukunftsentwicklung der Bundeswehr“

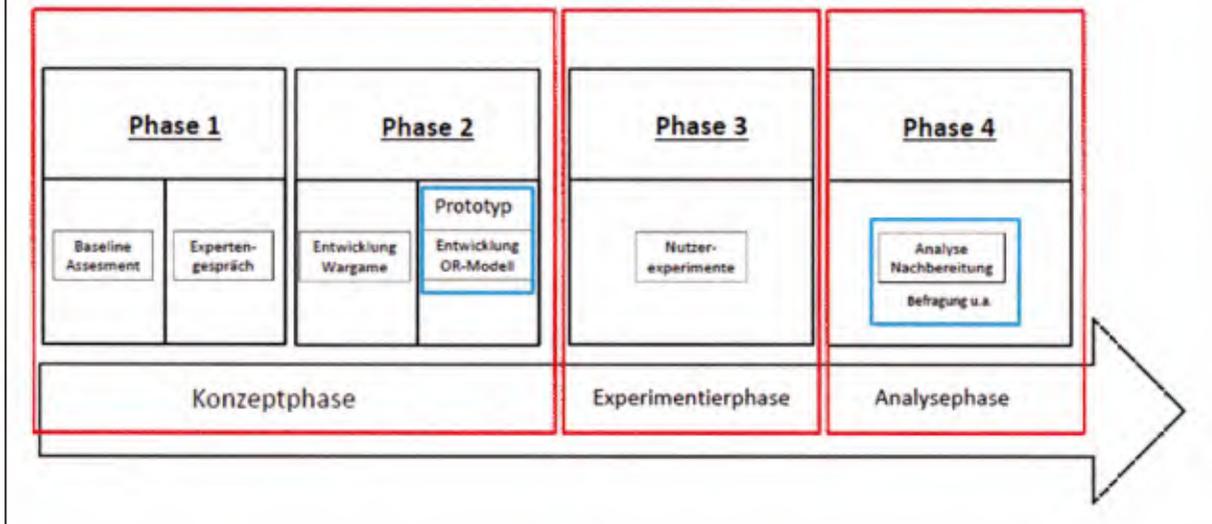


Abbildung 8: Phasen des Vorhabens

b) Abbruchkriterien

Das Experiment wird abgebrochen, wenn sich im Rahmen der Testung des Wargames in Verbindung mit dem OR-Modell beim AusBerHAufklTr herausstellt, dass der gewählte Ansatz unzuweckmäßig ist und sich das Experiment in dieser Form nicht durchführen lässt. Ein weiteres Abbruchkriterium für das Vorhaben ist, wenn sich der mit dem AusBerHAufklTr abgestimmte Termin für die Durchführung des Experiments nicht realisieren lässt und so das Experiment nicht zeitnah (bis März 2017) durchgeführt werden kann.

c) Personal

Die Experimentteilnehmer sind in der Ausbildung befindliche Fluggeräteeinsatzfeldwebel und deren Ausbilder. Die Feldwebel haben bereits ihre Ausbildung zum Fluggeräteeinsatzfeldwebel UAS LUNA absolviert. Die Experimentteilnehmer besitzen im Regelfall keine gezielte Ausbildung im Wargaming oder in der Anwendung von OR-Modellen. Das Verständnis für diese beiden Methoden ist demzufolge bei Beginn des Vorhabens nur gering ausgeprägt und muss gegebenenfalls erarbeitet

werden. Erfahrungen und Motivation sind vorhanden, Fachexpertise für die Methode ist nicht zwingend zu erwarten. Das eingesetzte Personal bleibt während des gesamten Experiments das gleiche, eine Fluktuation ist nicht zu erwarten, da nur eine einmalige Durchführung des Experiments angestrebt ist. Die Ausbilder besitzen gegebenenfalls Erfahrungen im Umgang mit den Methoden und können ihre Kenntnisse in das Experiment einbringen, eine Fachexpertise ist jedoch auch hier nicht zwingend zu erwarten.

d) Infrastruktur

Berötigt wird für die Durchführung des Experiments ein Standard-Lehrsaal mit Stellwänden, um den Raum zu teilen und die Durchführung des Experiments zu ermöglichen.

e) Technik

Für die Erstellung des Wargames wird ein PC mit Standardbetriebssystem und der Software Microsoft Office PowerPoint benötigt. Zur Erstellung des Experimentierplans und der übrigen Dokumente sind die Software Microsoft Office Excel und Word notwendig. Um das OR-Modell zu programmieren, wird ebenfalls ein PC mit Standardbetriebssystem und Software zur Programmierung des OR-Modells benötigt.

Zur Kommunikation mit dem Auftragnehmer und dem Unterstützungspersonal wird Lotus Notes angewendet.

4. Konzeptioneller Lösungsansatz

Als Ergebnis dieses fiktiven CD&E-Vorhabens soll ein Konzept für eine Methode entwickelt werden, mit der es möglich ist, eine komplexe Planungsaufgabe zu lösen. Das Vorhaben soll dabei prototypisch einen Weg aufzeigen, wie durch die Kombination von wissenschaftlichen Methoden Entscheidungsprozesse unterstützt werden können.

Dazu werden entwickelt:

- ein Wargame in Form eines Brettspiels

- ein dazu passendes OR-Modell, welches die Spielregeln des Wargames zusammenführt und eine Entscheidungshilfe für einen Spieler des Wargames bietet

Beides soll der Unterstützung der Ausbildung der Einsatzfluggerätefeldweibel LUNA dienen und die Planungs- und Entscheidungsprozesse in der Ausbildung unterstützen.

a) Konzeptidee

Idee und gleichzeitig Hauptziel dieses CD&E-Vorhabens ist es, eine neue, praktische und wissenschaftlich basierte Methode zur Vertiefung von Kenntnissen in der Bewältigung einer komplexen Planungsaufgabe zu erarbeiten. Daher ist zu untersuchen, inwiefern sich das entwickelte OR-Modell eignet, den Drohnenbetreiber bei der Planung des Flugweges der Drohne im Wargame zu unterstützen und inwiefern sich die in diesem Experiment vorgeschlagene Methode aus Wargame und OR-Modell für die Ausbildung eignet.

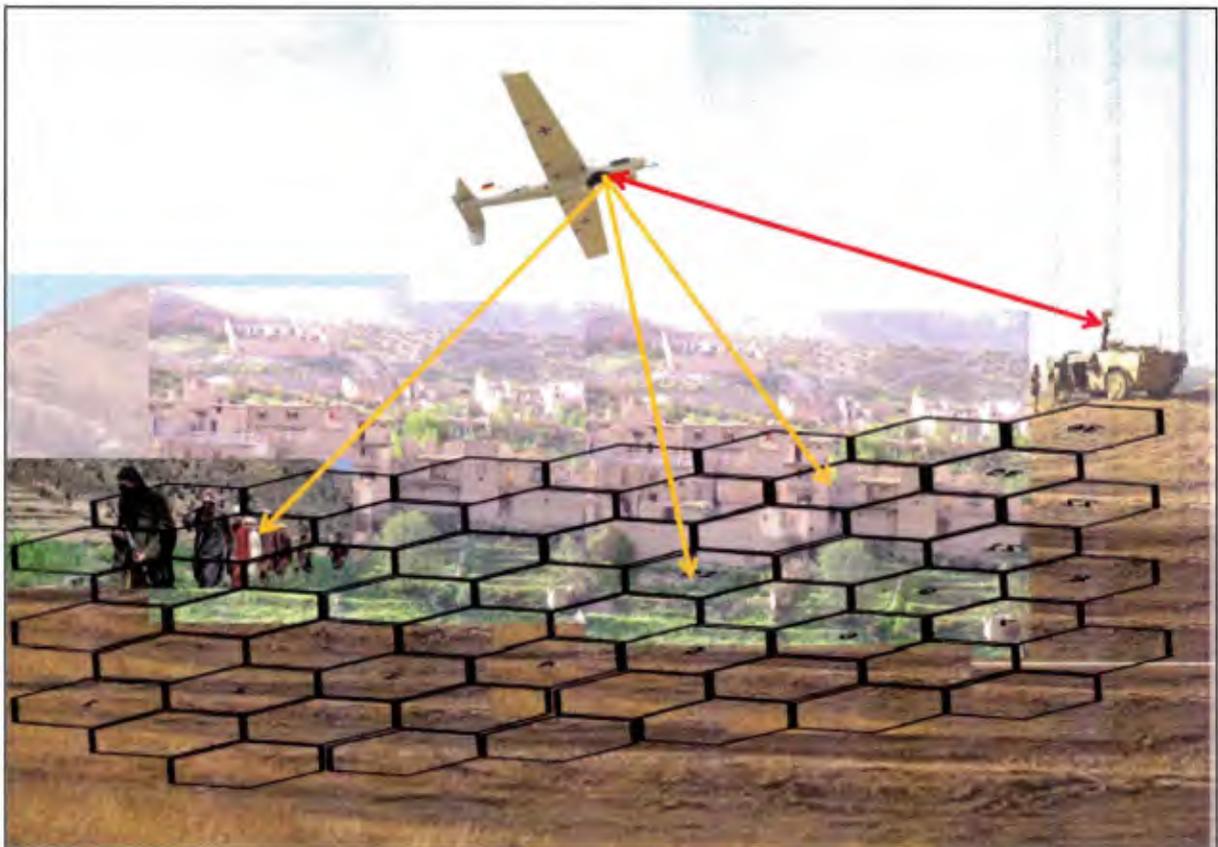


Abbildung 9: Konzeptmodell für das Wargame

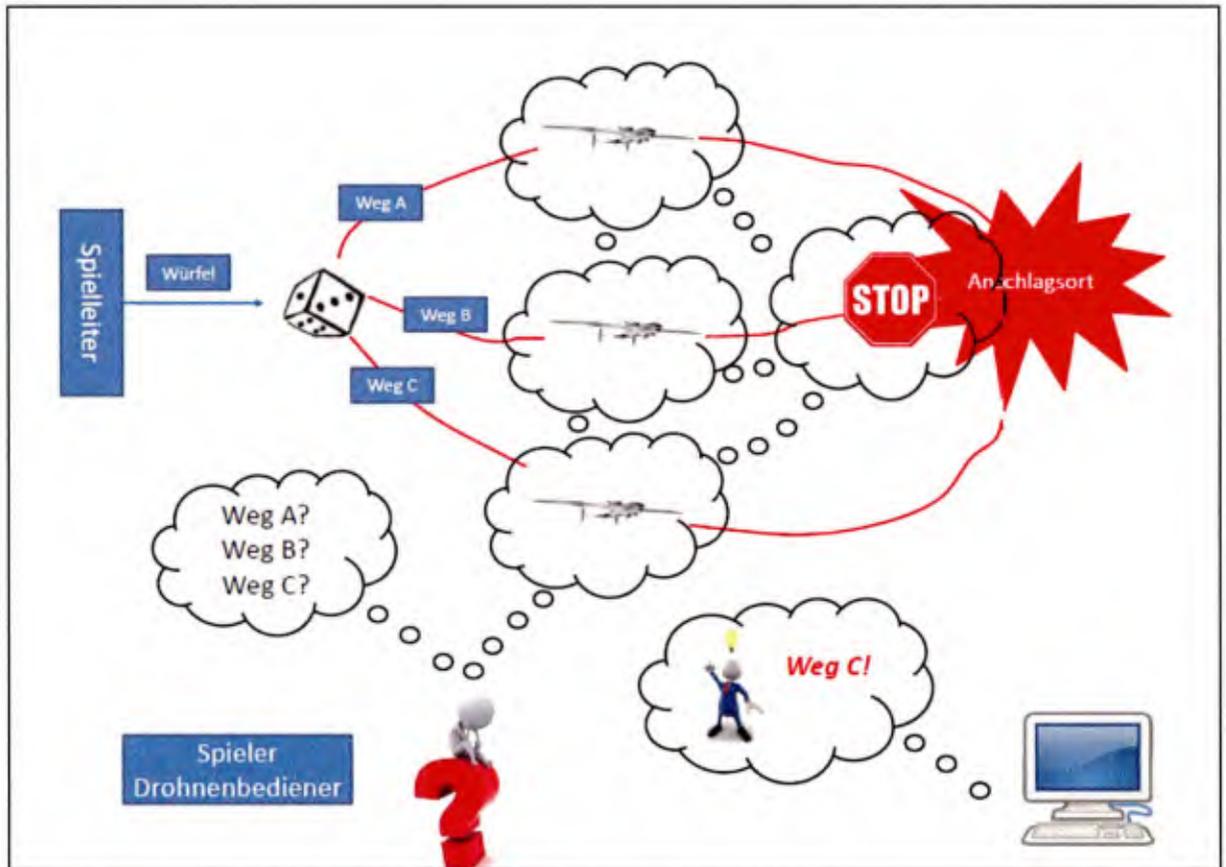


Abbildung 10: Anwendung der Methode

b) Zielgruppen des Konzepts

Das Konzept dient als gemeinsame Grundlage für folgende (am CD&E-Vorhaben beteiligte) Aufgabenwahrnehmer:

1. Programmiererin OR-Modell

Das Konzept informiert die Programmiererin des OR-Modells über das Vorhaben. Durch sie wird das anzuwendende OR-Modell auf Basis des entwickelten Wargames programmiert, das Konzept soll zum Verständnis über den Anwendungsfall des zu programmierenden OR-Modells im Zusammenspiel mit dem Wargame beitragen.

2. Hörsalleiter Luftgestützte Aufklärung UAS LUNA AusbBerHAufklTr Munster

Das Konzept informiert den Hörsalleiter des AusbBerHAufklTr über das CD&E-Vorhaben und dient der Abstimmung der im CD&E-Vorhaben vorgesehenen Zusammenarbeitsbeziehungen.

3. Experimententwickler und Experimentanalyst

Das Konzept dient zudem als Grundlage für das Experimentdesign und die Planung und Durchführung der Experimentanalyse. Zudem beschreibt das Konzept Rahmenbedingungen der experimentellen Überprüfung, die auf die praktische Anwendung Einfluss haben und deshalb in der Experimentanalyse zu berücksichtigen sind.

c) Arbeitsschritte zur Vorbereitung und Durchführung des Experimentes

In diesem Abschnitt werden die Arbeitsschritte zur Vorbereitung und Durchführung des Experimentes zur Erarbeitung einer neuen Methode zur Vertiefung von Kenntnissen in der Bewältigung einer komplexen Planungsaufgabe als Gesamtablauf in zehn Einzelschritten beschrieben.

Folgende Einzelschritte sind für das Experiment notwendig:

1. Analyse des Experimentdesigns der Naval Postgraduate School zum Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations²¹²
2. Expertengespräch zur weiteren Analyse des Modells der Naval Postgraduate School
3. Ableitung und Formulierung von Bedingungen für ein Wargame
4. Entwicklung des Wargames als Brettspiel und der Spielregeln
5. Testen des Wargames
6. Formulierung von Bedingungen für das OR-Modell anhand der Spielregeln des Wargames
7. Entwicklung bzw. Programmierung des OR-Modells
8. Erstellung eines Experimentplans
9. Durchführung des Experiments bei AusbBerHAufklTr in Munster
10. Analyse der Experimentergebnisse und Formulierung von Aussagen zur Nutzbarkeit des gewählten Ansatzes

²¹² Kress, Moshe/ Royset, Johannes O.: Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations.

Analyse des Experimentdesigns der Naval Postgraduate School zum Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations

a) Zweck

Dieser Schritt dient zunächst der Bestandsaufnahme und dem Verständnis für das von der Naval Postgraduate School entworfene und durchgeführte Experiment. Ziel ist es, das Experiment als Ganzes zu verstehen und erste Gedanken für ein eventuelles Wargame zu entwickeln.

b) Vorgehen

Lesen des Dokumentes (Englisch) und übersetzen einzelner Textpassagen, um das Vorgehen in dem Experiment zu verstehen.

c) Ergebnis

Ein erstes Verständnis für das Experiment an der Naval Postgraduate School wird entwickelt.

d) Hilfsmittel

- Paper Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations von Moshe Kress und Johannes O. Royset (Operations Research Department, Naval Postgraduate School)²¹³
- LEO - Online-Wörterbuch²¹⁴

Expertengespräch zur weiteren Analyse des Modells der Naval Postgraduate School

a) Zweck

Ziel dieses Schrittes ist es, erste Eindrücke zu gewinnen, welche Faktoren in der Planung eines Wargames auf Basis des vorliegenden Experiments eine Rolle spielen könnten und erste Gedanken zu entwickeln, welchen Eingang diese in ein zu entwickelndes Wargame finden sollten.

b) Vorgehen

Nochmaliges Lesen des Experimentdesign gemeinsam mit dem Experten und Herausfiltern und Auflistung der Faktoren, welche das Experiment der Naval Postgraduate School maßgeblich beeinflusst haben.

²¹³ Kress, Moshe/ Royset, Johannes O.: Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations.

²¹⁴ <http://www.leo.org/>

c) Ergebnis

Eine Liste mit den für das Experiment der Naval Postgraduate School wesentlichen, weil beeinflussenden, Faktoren wird erstellt.

Die Liste der beeinflussenden Faktoren findet sich in Anlage 1 dieser Arbeit.

d) Hilfsmittel

- Experte der HSUBw
- Programmiererin OR-Modell

Ableitung und Formulierung von Bedingungen für ein Wargame

a) Zweck

Zweck dieses Arbeitsschrittes ist es, aus der Liste der Faktoren, welche sich aus der Analyse des Experimentdesign der Naval Postgraduate School ergeben haben, diejenigen Faktoren herauszufiltern, welche Eingang in die Spielregeln des Wargame finden sollten, bzw. welche Faktoren sich überhaupt in das Wargame umsetzen lassen.

b) Vorgehen

Analyse aller herausgefilterter Faktoren und Bewertung dieser auf Umsetzbarkeit in einem Wargame anhand der technischen Daten der Drohne LUNA und bisheriger Erfahrungen bei der Erstellung eines Wargame.

c) Ergebnis

Eine Liste der Faktoren, welche Eingang in das Wargame finden sollen wird erstellt und erste Gedanken zu möglichen Spielregeln für das Wargame werden formuliert.

d) Hilfsmittel

- Technisches Datenblatt der Firma emt-Penzberg zur Luftgestützten Unbemannten NahaufklärungsAusstattung (LUNA)²¹⁵

Das Datenblatt der Firma emt-Penzberg findet sich in Anlage 2.

²¹⁵ http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/LUNA_de_02.pdf (letzter Abruf: 23.10.2016)

Entwicklung des Wargames als Brettspiel und der Spielregeln

a) Zweck

In diesem Schritt des Experiments soll das Wargame als Brettspiel inklusive der Spielregeln entwickelt werden. Die Spielregeln sollen sich aus den herausgefilterten Faktoren des vorhergehenden Entwicklungsschrittes ergeben. Auch das Design des Spielbretts soll anhand der herausgefilterten Punkte aus dem Experimentdesign der Naval Postgraduate School entstehen.

b) Vorgehen

Zunächst wird das Design für das Spielbrett unter Berücksichtigung der aufgelisteten Faktoren entwickelt. Als erster Schritt ist ein Overlay für das Spielbrett mit Spielfeldern zu kreieren, in einem weiteren Schritt wird nach einem Kartenausschnitt gesucht, welcher sich unter das Overlay legen lässt und ein möglichst realistisches Abbild eines Geländeabschnittes auf das Spielfeld projiziert.

Ist das Spielfeld erstellt, werden im nächsten Entwicklungsschritt die Spielregeln anhand der festgelegten Faktoren formuliert. Weiterhin sollen in diesem Arbeitsschritt Spielsteine für das Brettspiel und ein Würfel besorgt werden.

c) Ergebnis

Das Spielbrett und die Spielregeln für das Wargame werden erstellt.

Die Spielregeln sind als Anlage 3 dieser Arbeit angehängt, eine Abbildung der Spielbretter findet sich in Anlage 4.

d) Hilfsmittel

- PC mit Standardbetriebssystem Windows 7
- Microsoft Office PowerPoint
- Microsoft Office Word
- MilGeo PC Maps

Testen des Wargames

a) Zweck

In diesem Arbeitsschritt soll das entwickelte Wargame erstmalig auf Funktionalität der Spielregeln getestet werden und gegebenenfalls Hinweise zu einer Anpassung des Spielbrettes und/ oder der Spielregeln liefern.

b) Vorgehen

Durchführung des Wargames anhand der Spielregeln mit einer weiteren unabhängigen Testperson, um erste Hinweise zu erhalten, ob die Spielregeln verständlich sind und ob das Ziel des Spiels unter den getroffenen Annahmen überhaupt zu erreichen ist.

c) Ergebnis

Das Wargame wurde auf Funktionalität getestet, Anpassungen wurden gegebenenfalls vorgenommen.

d) Hilfsmittel

- weitere unabhängige Testperson
- selbst entwickeltes Wargame mit Spielanleitung, Spielsteinen und Würfel

Formulierung von Bedingungen für das OR-Modell anhand der Spielregeln des Wargames

a) Zweck

Ziel dieses Entwicklungsschrittes ist es, die Bedingungen für die Programmierung des OR-Modells zu formulieren, welche sich aus den Spielregeln des Wargames ergeben.

b) Vorgehen

Zunächst werden die Spielregeln dahingehend betrachtet, inwieweit es möglich ist, diese in die Programmierung eines OR-Modells umzusetzen. In einem iterativen Prozess werden gegebenenfalls die Spielregeln noch einmal angepasst, soweit dies zur Umsetzung in das OR-Modell notwendig erscheint.

c) Ergebnis

Die Bedingungen für das OR-Modell werden formuliert.

d) Hilfsmittel

- Programmiererin des OR-Modells
- Spielanleitung des Wargames

Entwicklung bzw. Programmierung des OR-Modells

a) Zweck

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, das OR-Modell für das Wargame mittels der Software AIMMS zu programmieren. Die Bedingungen für die Programmierung ergeben sich aus der Ableitung der Spielregeln

b) Vorgehen

Zunächst wird das Programm AIMMS auf einen PC mit dem Standardbetriebssystem Windows 8 heruntergeladen und installiert. Anschließend wird das OR-Modell anhand der vorgegebenen Bedingungen aus der Spielanleitung des Wargames mit dem Programm AIMMS programmiert.

c) Ergebnis

Das OR-Modell wird auf einem Computer erstellt.

Ein Auszug aus der Programmierung des OR-Modells und zugehörige Berechnungsbeispiele finden sich in Anlage 5 bzw. Anlage 6 dieser Arbeit.

d) Hilfsmittel

- PC mit Standardbetriebssystem Windows 8
- Software AIMMS zur Programmierung des OR-Modells
- Spielanleitung des Wargames

Entwicklung des Experimentplans

a) Zweck

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, einen Experimentplan zu entwickeln, um den Battle Rhythm für die Durchführung des Experiments festzulegen. Um die Kriterien für Funktionalität und Nutzbarkeit festzulegen, ist es notwendig, in diesem Arbeitsschritt einen Protokoll-Vordruck zu entwerfen, in dem kann während des Experiments die beobachteten Details eingetragen werden.

b) Vorgehen

Zunächst muss mit dem AusBerHAufklTr ein Termin abgesprochen werden, wann das Experiment stattfinden kann. Anschließend wird der Zeitplan für den Ablauf des Experiments festgelegt. Außerdem werden die Kriterien für Funktionalität und Nutzbarkeit festgelegt und als Protokoll-Vordruck niedergeschrieben.

c) Ergebnis

Der Experimentplan wird erstellt und der Battle Rhythm festgelegt.

Außerdem wird ein Protokollvordruck für die Durchführung des Experiments erstellt.

Der Experimentplan und der Protokoll-Vordruck finden sich in dieser Arbeit im Kapitel IV.4 als Bestandteil des Experiment Design Documents.

d) Hilfsmittel

- PC mit Standardbetriebssystem Windows 7
- Microsoft Office Excel
- IBM Lotus Notes

Durchführung des Experiments beim AusbBerHAufklTr in Munster

a) Zweck

Zweck dieses Schrittes ist es, das Experiment, welches mit den vorherigen Arbeitsschritten vorbereitet wurde, beim AusbBerHAufklTr in Munster durchzuführen, um die erarbeiteten Produkte auf Funktionalität und Nutzbarkeit zu testen.

b) Vorgehen

Nach erfolgter Terminabsprache verlegt die Leiterin des Vorhabens nach Munster, um das Wargame in Verbindung mit dem OR-Modell in der Ausbildungsklasse LUNA zu testen. Zunächst wird ein Vortrag die Testpersonen in das Experiment einweisen, im Anschluss daran wird das Experiment in Kleingruppen gemäß Experimentierplan durchgeführt. Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den durchgeführten Experimenten werden auf dem zuvor erstellten Vordruck protokolliert und notiert.

c) Ergebnis

Das Experiment wird bei AusbBerHAufklTr durchgeführt und die Ergebnisse werden protokolliert.

Die ausgefüllten Protokollbögen sind Bestandteil der Anlage 8 dieser Arbeit.

d) Hilfsmittel

- Experimentplan
- Vordruck Protokoll Experiment
- Wargame inklusive Spielanleitung, Spielsteinen und Würfel

- OR-Modell auf PC oder Ergebnisse als Ausdruck auf Papier

Analyse der Experimentergebnisse und Formulierung von Aussagen zur Nutzbarkeit des gewählten Ansatzes

a) Zweck

In diesem letzten Arbeitsschritt soll das Experiment analysiert und ausgewertet werden. Ziel ist es, Aussagen zur Funktionalität des gewählten Ansatzes zu treffen und die Nutzbarkeit der Kombination der beiden Methoden für dieses Experiment zu bewerten.

b) Vorgehen

Die protokollierten Ergebnisse aus der Experimentphase werden analysiert und ausgewertet. Anschließend werden Aussagen zur Funktionalität des gewählten Ansatzes und zur Nutzbarkeit formuliert. Daraus werden Schlussfolgerungen erarbeitet. Diese Erkenntnisse fließen in die diesem Experiment zu Grunde liegende Masterarbeit ein.

c) Ergebnis

Es werden Aussagen zur Funktionalität und Nutzbarkeit getroffen und es werden Schlussfolgerungen erarbeitet.

Der Analysebericht nebst Anlagen findet sich in Kapitel IV.5 dieser Arbeit.

d) Hilfsmittel

- PC mit Standardbetriebssystem Windows 7
- Microsoft Office Word
- Protokolle aus der Experimentphase

4. Experiment Design Document

Dieses Dokument enthält Aussagen dazu, wann und wo das Experiment stattfinden soll, wie sich der zeitliche Ablauf gestalten soll und Aussagen zu den Erwartungen an die Experimentteilnehmer.

Experiment Design Document für das fiktive CD&E-Vorhaben „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldwebel“

1. Einführung

Die Aufklärungstruppe des Heeres, mit ihrer Luftgestützten Unbemannten Nahaufklärungsausstattung, im Folgenden als Aufklärungsdrohne LUNA bezeichnet, leistet in den Einsätzen der Bundeswehr einen entscheidenden Beitrag zur Erstellung eines umfassenden Lagebildes für das jeweilige Einsatzgebiet. Die Aufklärungsdrohne LUNA wurde bereits erfolgreich im Balkaneinsatz im Rahmen von KFOR und in Afghanistan bei ISAF eingesetzt und ist aktuell auch in Mali bei MINUSMA im Einsatz. Die Fluggeräteeinsatzfeldwebel, im Folgenden als Drohnenbediener bezeichnet, werden in Deutschland im Ausbildungsbereich der Heeresaufklärungstruppe (Ausb-BerHAufklTr) in Munster ausgebildet und so auf ihren Einsatz mit dem Fluggerät vorbereitet. Um im Einsatz schnell und effektiv Aufklärungsergebnisse liefern zu können, ist es notwendig, den Flugweg der Aufklärungsdrohne so zu planen, dass möglichst große Geländeabschnitte in kürzester Zeit überflogen werden können, um umfassendes Aufklärungsmaterial zur Verfügung zu stellen. Da es sich hierbei um eine sehr komplexe Aufgabe handelt, muss diese immer wieder trainiert werden und der Drohnenbediener könnte unter Umständen von technischen Hilfsmitteln profitieren, um Fehler in der Planung und beim Einsatz des Fluggerätes zu vermeiden und Risiken zu minimieren.

2. Problemdarstellung

Im Rahmen der Bearbeitung einer Aufgabenstellung zur Untersuchung der wissenschaftlichen Methoden für die Streitkräfte des 21. Jahrhunderts ergab sich die Fragestellung, ob die bereits vorhandenen und in der Bundeswehr angewandten wissenschaftlichen Methoden miteinander zielführend und gewinnbringend zu kombinieren sind. Die Anwendbarkeit der einzelnen Methoden gilt als erwiesen und wurde größ-

tentails in der Bundeswehr institutionalisiert. Deshalb wurde die weiterführende Frage entwickelt, ob die Anwendung der OR-Methode in Kombination mit der Methode des Wargaming überhaupt möglich ist und ob die Anwendung der Kombination dieser beiden Methoden, bspw. zur Verbesserung der Ausbildung von Fluggeräteinsatzfeldwebern, geeignet ist.

Aus der allgemein formulierten Problemdarstellung ergab sich die konkrete Fragestellung, inwiefern der Flugweg der Aufklärungsdrohne LUNA in einem Wargame simuliert werden kann und im Weiteren, ob es mit Hilfe eines OR-Modells möglich ist, den optimalen Flugweg dieser Aufklärungsdrohne in dem Wargame zu bestimmen. Weiterhin wurde die Fragestellung aufgeworfen, inwiefern ein Fluggeräteinsatzfeldweber sich auf seine Ausbildung und Einsatzerfahrung mit der Aufklärungsdrohne LUNA verlässt und den Flugweg der Drohne entsprechend plant oder ob er sich den errechneten Entscheidungsvorschlägen des OR-Modells annimmt und so die Flugroute der Aufklärungsdrohne in Teilen oder komplett gemäß OR-Modell festlegt.

3. Konzeptionelles Modell und Experiment

a) **Konzeptionelles Modell**

Das Konzeptionelle Modell für das Experiment der „Wargame gestützten Ausbildung für Fluggeräteinsatzfeldweber“ ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

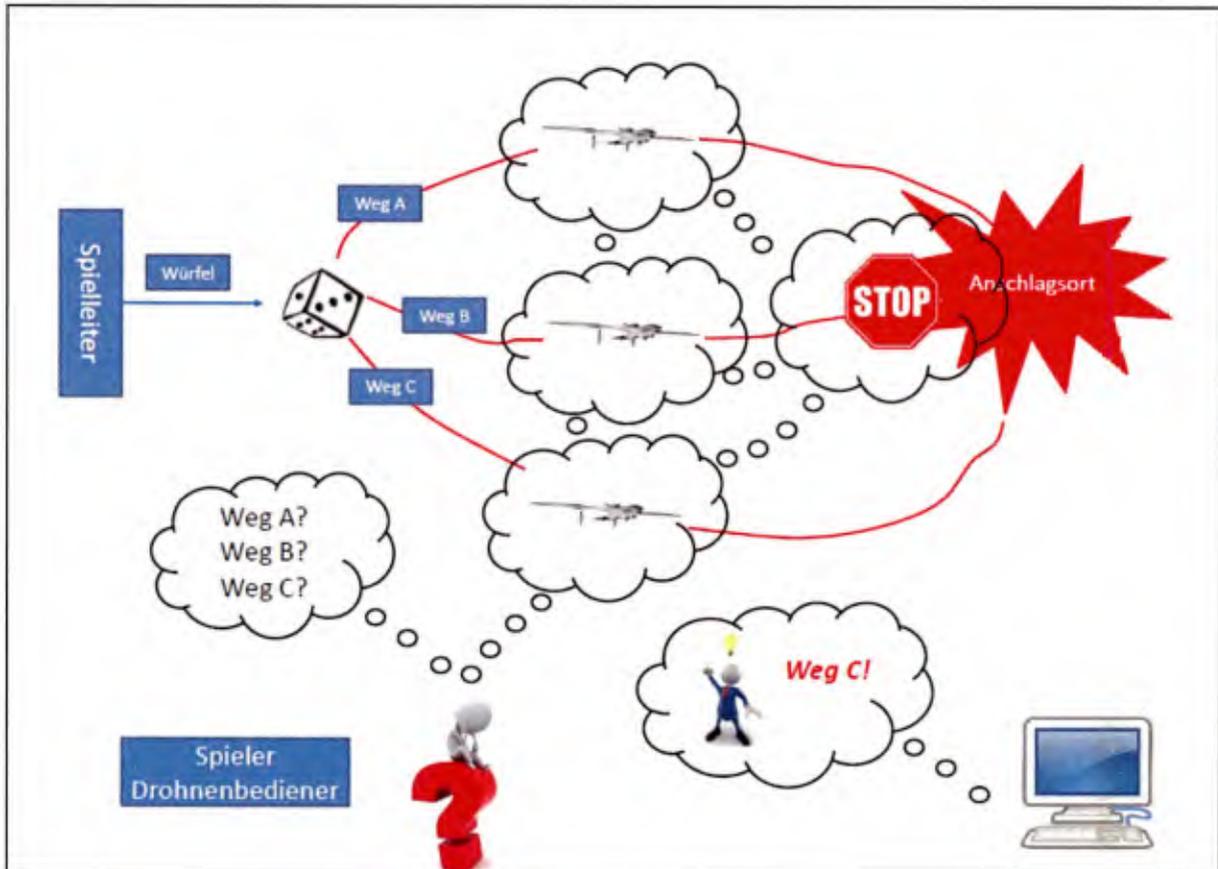


Abbildung 13: Konzeptionelles Modell „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteinsatzfeldweber“

Der Spieler Drohnenbediener soll im Rahmen eines Wargames den kürzesten Flugweg für eine Aufklärungsdrohne ermitteln, um irreguläre Kräfte aufzuklären und diese an der Durchführung eines Anschlages zu hindern. Die irregulären Kräfte können auf drei verschiedenen Wegen zum Anschlagort gelangen, wobei jeder dieser Wege eine eigene Nutzungswahrscheinlichkeit besitzt. Mittels eines Würfels (Simulation der Wahrscheinlichkeit) entscheidet der Spielleiter, welchen Weg die irregulären Kräfte nutzen. Das Würfelergebnis wird dem Spieler Drohnenbediener nicht mitgeteilt.

In einem zweiten Schritt wird dem Spieler Drohnenbediener mit einem OR-Modell eine Entscheidungshilfe an die Hand gegeben, mit der er unter Umständen in der Lage sein könnte, die irregulären Kräfte schneller zu finden.

b) Ziel des Experiments

Ziel des Experiments ist es, die erarbeitete, neue, praktische und wissenschaftlich basierte Methode zur Vertiefung von Kenntnissen in der Bewältigung einer komplexen Planungsaufgabe zu testen. Daher soll untersucht werden, inwiefern sich das entwickelte OR-Modell eignet, den Drohnenbediener bei der Planung des Flugweges der Drohne im Wargame zu unterstützen.

Das bedeutet im Einzelnen:

- Test, ob das entwickelte Wargame für die angestrebte Zielgruppe überhaupt funktioniert
- Wargame wird zunächst ohne OR-Unterstützung gespielt
- Bewertung der Funktionalität des Wargames für die Zielgruppe
- weiterer Test, bei dem dem Spieler Drohnenbediener das OR-Modell zur Unterstützung für seine Spielzüge im Wargame zur Verfügung gestellt wird
- Beobachtung, ob und wie er die OR-Unterstützung einsetzt und ob dies mit weniger Spielzügen (als ohne OR-Unterstützung) zum Ziel führt

c) Baseline Assesment/ Ausgangsbasis

Die Nutzbarkeit der wissenschaftlichen Methoden des Wargaming als Anwendungsfall von Modellbildung & Simulation und von Operations Research sind grundsätzlich nachgewiesen. Die Ausführungen dazu sind den Kapiteln II. und III. der Arbeit zu den Wissenschaftlichen Methoden für die Streitkräfte des 21. Jahrhunderts zu entnehmen, die Grundlage dieses Experiments ist.

4. Zweck/ Zielsetzung

a) Rahmenbedingungen

Das Vorhaben ist der praktische Bestandteil der Arbeit zu der o.g. Themenstellung und beschränkt sich aus Zeitgründen auf ein einmaliges Experiment mit einer kleinen Zielgruppe. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Anwendbarkeit der Methode, das heißt, inwiefern lassen sich Wargame und OR-Modell miteinander kombinieren und sind diese dann noch sinnvoll mit dem gewählten Ansatz nutzbar. Das Ausprobieren des Wargames unter Verwendung des

OR-Modells im AusbBerHAufklTr findet einmalig statt, um die Praktikabilität der Methoden mit einer unabhängigen Versuchsgruppe zu testen.

b) Absicht

Absicht ist, mit diesem Experiment nachzuweisen, dass die Methodik der Kombination aus Wargame und OR-Modell anwendbar ist und auch entsprechend genutzt werden kann.

c) Ziel

Neben dem reinen Testen der Methode soll auch der Zweck erreicht werden, die Methode dem AusbBerHAufklTr vorzustellen und eine Empfehlung für die Nutzung der Methode in der Ausbildung zu geben.

d) Untersuchungsfragen

1. Kann das Wargame in seiner aktuellen Konzipierung von der Zielgruppe der Trainingsteilnehmer gespielt werden?
2. Erreicht die Zielgruppe das Ziel des Spiels?
3. Kann das Ziel des Spiels durch OR-Unterstützung mit weniger Spielzügen realisiert werden?
4. Wird das Verständnis der Zielgruppe für eine effektive Planung des Flugweges der Drohne erreicht?
5. Wird das Ziel der Anwendung der OR-Unterstützung verstanden?
6. Ist die vorgestellte Methode realistisch in der Ausbildung der Zielgruppe nutzbar?

Die Untersuchungsfragen wurden im Data Collection Plan für die spätere Analyse zusammengefasst. Der Data Collection Plan ist Bestandteil des Kapitel IV.5 dieser Arbeit.

5. Experiment-Umgebung

a) Allgemeines

Das Experiment soll am 01. Februar 2017 beim AusbBerHAufklTr in Munster stattfinden.

Notwendige Voraussetzung ist, dass in diesem Zeitraum sowohl die Programmiererin des OR-Modells verfügbar ist, als auch dass ein Lehrgang für Fluggeräteeinsatzfeldwebel LUNA beim AusbBerHAufklTr stattfindet.

Der zeitliche Umfang für die Experimentdurchführung ist noch nicht abschätzbar.

b) Battle Rhythm

<u>Datum</u>	<u>Zeit</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Bemerkung</u>
01.02.2017	13.30 – 14.00	Ankunft in Munster, Aufbau, KoordBesprechung	Experimentleiter, HsLtr LUNA
01.02.2017	14.00 – 14.30	Einweisung der Zielgruppe in das Experiment	Experimentleiter HsLtr LUNA, ExpTln
01.02.2017	14.30 – ?	Erster Durchgang Wargame (ohne OR-Ustg)	Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln
01.02.2017	?	Zweiter Durchgang Wargame (mit OR-Ustg)	Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln, OR-Progr
01.02.2017	?	Befragung der Exp Tln	Fragen gemäß Protokollbogen Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln
01.02.2017	?	Auswertung, Abbau, Abreise	Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln

c) Experimentteilnehmer

1. Trainingsteilnehmer des Hörsaals Luftgestützte Aufklärung UAS LUNA als Zielgruppe des Experiments

2. OR-Programmiererin

6. Experimentumgebung

a) Technik und Infrastruktur

- Standard-Lehrsaal mit Stellwänden, um den Raum zu teilen
- PC mit Standardbetriebssystem

b) Produkte

- Wargame als Brettspiel
- programmiertes OR-Modell

7. Vorgehen/ Intervention

a) Ablauf

gemäß Battle Rhythm (Ziffer 5b)

b) mögliche Auswirkungen

1. Tests erfolgreich: mögliche Übernahme der Methode in die Ausbildung
2. Tests nicht erfolgreich: Abbruch des Experiments und Ursachenforschung

8. Experimentarchitektur

Lageplan AusbZ Munster:

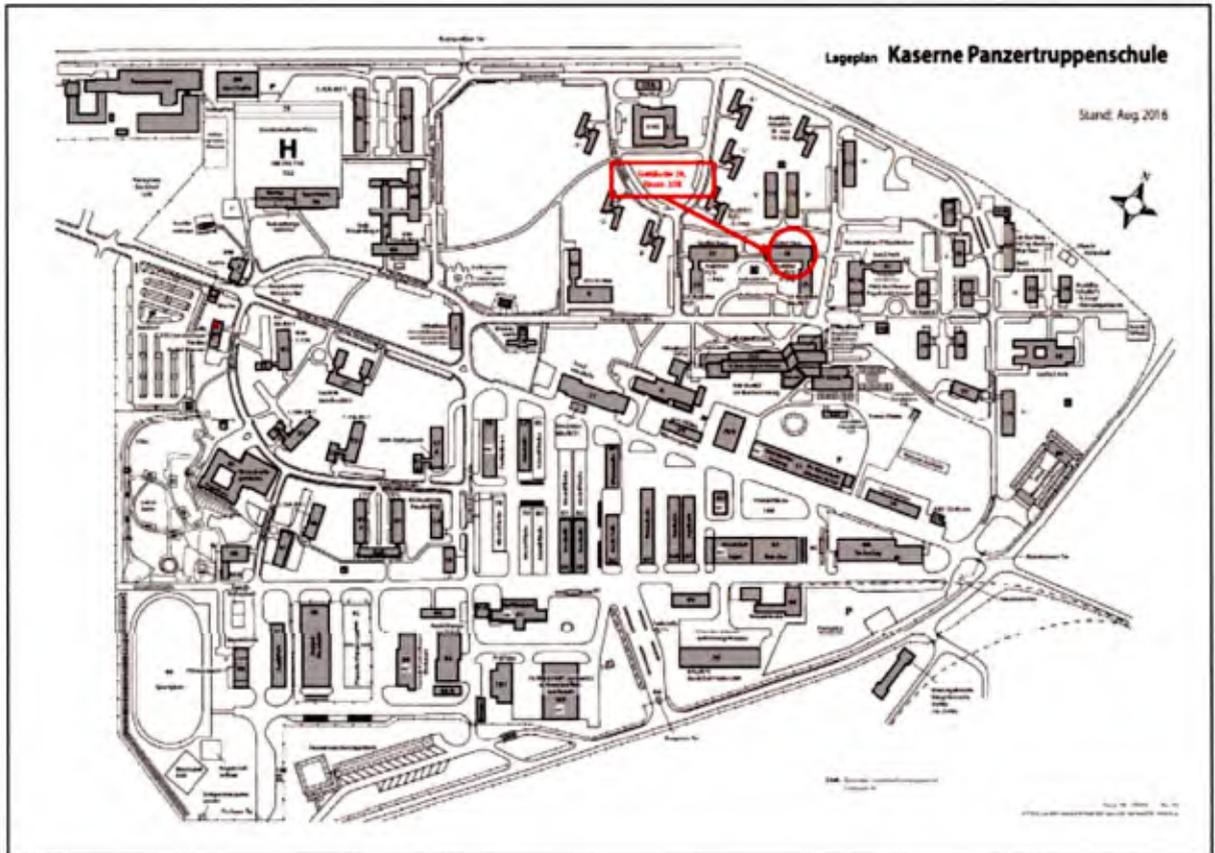


Abbildung 14: Kasernenplan Munster

Lehrsaal:

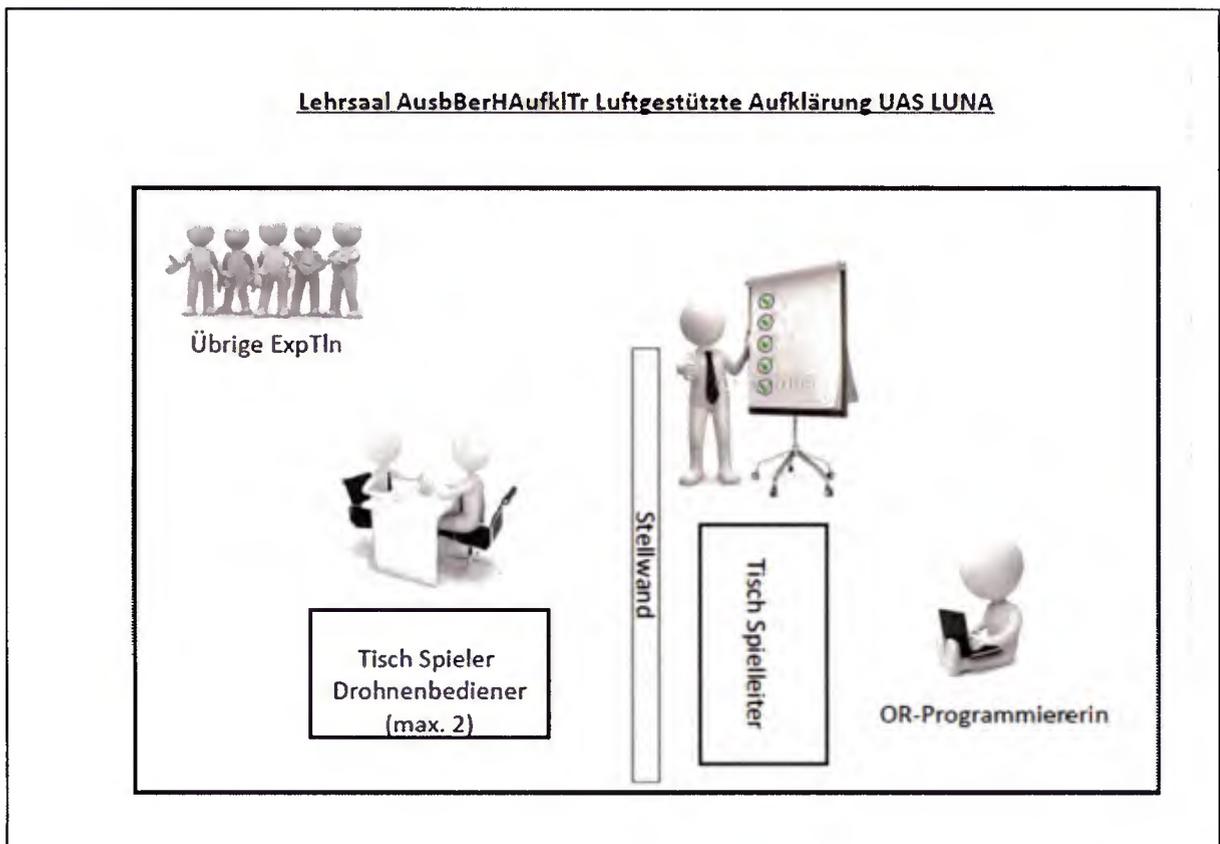


Abbildung 15: Aufbau Lehrsaal für Experiment

Experimentart

Das Experiment wird als Demo-Experiment durchgeführt.

9. Risiken

Der Termin für die Durchführung des Experiments ist bestätigt. Sollte der AusBerHAufklTr den Termin dennoch nicht wahrnehmen können oder ist die OR-Programmiererin zu dem Zeitpunkt nicht verfügbar, findet das Experiment nicht statt. Die Festlegung eines neuen Termins ist derzeit nicht beabsichtigt.

10. Anforderungen und Erwartungen an Experimentteilnehmer

Es werden keine speziellen Anforderungen an die Experimentteilnehmer gestellt. Da aber alle Experimentteilnehmer als Fluggeräteinsatzfeldweibel vorgesehen sind und entsprechende Fähigkeiten mitbringen sollten, wird erwartet, dass sich nach dem ersten Ausprobieren des Wargames bereits Lerneffekte einstellen. Um

diese einzudämmen, ist es beabsichtigt, das Experiment mit verschiedenen 2-Mann-Teams jeweils nur einmal mit und einmal ohne OR-Unterstützung durchzuführen. Da aber die übrigen Experimentteilnehmer als Zuschauer im Lehrsaal verbleiben, werden sich Lerneffekte nicht in Gänze vermeiden lassen.

11. Ausbildung

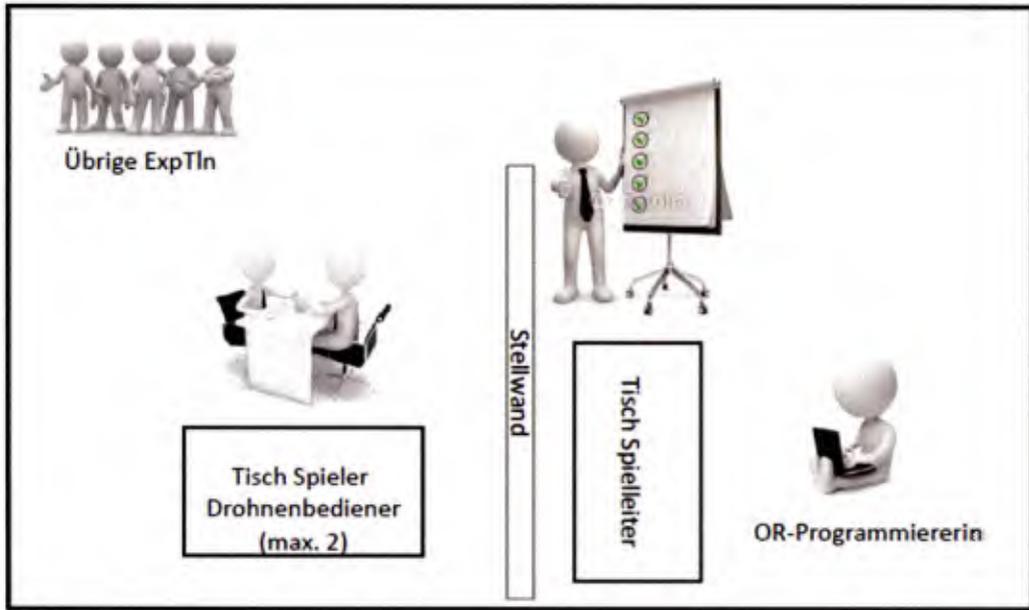
Es werden keine besonderen Ausbildungserfordernisse an die Experimentteilnehmer gestellt.

12. Sicherheit

Das Experiment ist offen eingestuft.

Experimentplan

Lehrsaal AusbBerHAufklTr Luftgestützte Aufklärung UAS LUNA



Aufbau Lehrsaal

Battle Rhythm

<u>Datum</u>	<u>Zeit</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Bemerkung</u>
01.02.2017	13.30 – 14.00	Ankunft in Munster, Aufbau, KoordBe- sprechung	Experimentleiter, HsLtr LUNA
01.02.2017	14.00 – 14.30	Einweisung der Ziel- gruppe in das Experi- ment	Experimentleiter HsLtr LUNA, ExpTln
01.02.2017	14.30 – ?	Erster Durchgang Wargame (ohne OR- Ustg)	Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln
01.02.2017	?	Zweiter Durchgang Wargame (mit OR- Ustg)	Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln, OR-Progr
01.02.2017	?	Befragung der Exp Tln	Fragen gemäß Proto- kollbogen Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln
01.02.2017	?	Auswertung, Abbau, Abreise	Experimentleiter, HsLtr LUNA, ExpTln

Protokollbogen		
Experiment		
<u>"Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldwebel"</u>		
Experiment Nr.:		
Spieler 1	Spieler 2	
Dienstgrad:	Dienstgrad:	
Einsatz Erfahrung:	Einsatz Erfahrung:	
Ausbildung:	Ausbildung:	
Wargame ohne OR-Unterstützung:		
Wargame mit OR-Unterstützung:		
OR-Ustg genutzt		
Ja	Nein	Teilweise
Wargame mit "Kriegsnebel":		
OR-Ustg genutzt		
Ja	Nein	Teilweise
Sonstige Beobachtungen		
Ziel des Spiels erreicht?		
Ja:	Nein:	
Kommunikation der Spieler untereinander:		
Planungsverhalten:		
Spiel verstanden?		

5. Analyse

Die sich aus der Auswertung des Experiments ergebenden Aussagen sind im Analysebericht zusammengefasst.

Für die Analyse des Experiments wurde ein Protokollbogen entwickelt, welcher bereits vorher mit dem Experiment Design Document vorgestellt wurde.

Die ausgefüllten Protokollbögen sind in Anlage 8 zu finden.

Zudem wurde für die Analyse ein Data Collection Plan erstellt, in welchem die im Rahmen des Experiments zu analysierenden Fragestellungen zusammengefasst wurden.

Experimentergebnisse/ Analysebericht zum Experiment am 01. Februar 2017 in Munster

1. Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht²¹⁶ stellt die Ergebnisse und Erkenntnisse des durchgeführten Experiments „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“ dar. Der der Analyse zu Grunde liegende Data Collection Plan zeigt die im Rahmen der Analyse zu untersuchenden Fragestellungen und ist dem Analysebericht beiliegend. Die Protokolle für die Analyse des Experiments wurden als Anlagen (Anlage 8) zu diesem Bericht beigelegt.

2. Einordnung des Berichts

Das Experiment „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“ war als Einzelexperiment konzipiert und diente der Überprüfung der konzeptionellen Überlegungen zu einem im Rahmen der Masterarbeit entwickelten Serious Game.

3. Ziel des Experiments „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“

Das Ziel des Experiments war es für die im Experiment Design Document (EDD)²¹⁷ formulierten Untersuchungsfragen Antworten zu finden.

Dabei sollte zunächst die grundsätzliche Funktionalität und Durchführbarkeit des Wargames „LUNA Enhanced Warrior“ überprüft und in einem weiteren Schritt die Nutzbarkeit für die Ausbildung der Fluggeräteeinsatzfeldweibel untersucht werden.

²¹⁶ Als Muster für diesen Bericht diente der Analysebericht zum LOE 5 aus dem CD&E-Vorhaben „Bundeswehrgemeinsamer Aufbau Vernetzte Operationsführung“ (Bwgem Aufbau NetOpFü), Erweiterung „Lagebild für MilEvakOp“ - Anteil See

²¹⁷ Kapitel IV 4.

4. Anlage von Experiment und Analyse

4.1 **Experimentanlage**

Am 01. Februar 2017 fand von 14.00 Uhr bis 16.30 Uhr das Experiment für das CD&E-Vorhaben „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldwebel“ beim Ausbildungszentrum der Heeresaufklärungstruppe bei der IV. Inspektion in Munster statt.

Alle Experimentteilnehmer wurden am 01. Februar 2017 zunächst durch einen Vortrag in die Thematik und das Vorgehen für das Experiment eingewiesen.

Dazu wurden die Begrifflichkeiten und Funktionalitäten des Wargames und des Operations Research (OR) erläutert.

Anschließend erfolgte die Einweisung in das eigentliche Wargame „LUNA Enhanced Warrior“ und die Erklärung der zugehörigen Spielregeln.

Danach wurde das Wargame von jedem Team einmal ohne und einmal mit OR-Unterstützung, sowie in der abgewandelten Form von einem Team ohne und vom zweiten Team mit OR-Unterstützung gespielt.

Anhand des im Vorfeld erstellten Protokollbogens wurden Experimentergebnisse und Beobachtungen als Analyserohdaten erhoben und gesammelt und das Experiment anschließend mit einer Befragung der Experimentteilnehmer beendet.

4.2 **Randbedingungen der Analyse**

Die folgenden Randbedingungen beeinflussten die Erhebung und Auswertung der aufgenommenen Daten.

Experimentteilnehmer

Experimentteilnehmer waren die vier Trainingsteilnehmer des Lehrgangs Militärluftfahrzeugführerschein mit dem Beiblatt Unbemannte Luftfahrzeuge mit der Musterberechtigung LUNA.

Die Experimentteilnehmer, zwei Hauptfeldwebel (HptFw), ein Oberfeldwebel (OFw) und eine Frau Stabsunteroffizier (Feldwebelanwärterin) (StUffz (FA)), waren alle vier ausgebildete Fluggeräteeinsatzfeldwebel, verfügten aber jeweils über keinerlei Einsatzerfahrung

Darüber hinaus hatten die beiden HptFw und der OFw die Ausbildung zum Luftbildauswertefeldwebel abgeschlossen. Die beiden HptFw waren zusätzlich auf dem System Kleinfluggerät Zielortung (KZO) ausgebildet. Bei diesem System handelt es sich ebenfalls um ein unbemanntes Luftfahrzeug.

Es war zu beobachten, dass für die Experimentteilnehmer der Schwerpunkt im Spielen des Wargames unter Einhaltung der Spielregeln und dem möglichst zügigen Erreichen des Ziels des Spiels lag. Die Befragung im Rahmen des Auswertegesprächs ergab, dass das dem

Wargame zu Grunde liegende Gelände und die Abarbeitung eines Einsatzauftrages in einem realen Einsatzszenario bei der Durchführung des Wargames für sie nur eine nachgeordnete Rolle spielte.

Die hohe Motivation und positive Einstellung der Experimentteilnehmer gegenüber den zu untersuchenden Fragestellungen wirkte sich positiv auf die Experimentdurchführung aus.

5. Ziel und Vorgehen der Analyse

5.1 Ziel der Analyse

Ziel der Analyse für das Experiment „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“ war es, den Grad der Funktionalität und Nutzbarkeit des im Rahmen der zu Grunde liegenden Masterarbeit theoretisch erarbeiteten Wargames „LUNA Enhanced Warrior“ zu überprüfen.

Dabei sollte zunächst die grundsätzliche Funktionalität des Wargames getestet und festgestellt werden, ob die Zielgruppe (Experimentteilnehmer) in der Lage ist, das Ziel des Spiels zu erreichen. Anschließend sollte das Wargame mit OR-Unterstützung gespielt werden, um festzustellen, ob das Ziel des Spiels dann mit weniger Spielzügen als ohne OR-Unterstützung zu erreichen ist. Daran anschließend sollte untersucht werden, ob das Ziel der Anwendung der OR-Unterstützung verstanden wird. Abschließend sollte die Frage beantwortet werden, ob die vorgestellte Methodik für die Ausbildung der Zielgruppe genutzt werden kann.

5.2 Vorgehen der Analyse während des Experiments

Während des Experiments hat die Analyse die Spielzüge protokolliert und die Moderation im Hinblick auf die Durchführung und die Einhaltung der Spielregeln des Wargames „LUNA Enhanced Warrior“, sowie die Beantwortung der Experimentfragen unterstützt.

6. Ergebnisse des Experiments „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“

Für das Wargame wurden 2 Teams gebildet. Das erste Team bildeten der OFw und die Frau StUffz (FA), das zweite Team bestand aus den beiden HptFw.

Danach wurde die erste Runde des Wargames zunächst ohne OR-Unterstützung gespielt.

Als Team 1 (OFw/ Stuffz (FA) die erste Runde des Wargames spielte, war das Team 2 (HptFw/ HptFw) nicht anwesend. Beim darauffolgenden Runde 1-Spiel des Team 2 war Team 1 hingegen als passive Zuschauer anwesend.

Die zweite Runde des Wargames wurde mit OR-Unterstützung gespielt. Hierbei konnten die Experimentteilnehmer selbst festlegen, inwieweit sie auf die OR-Unterstützung zurückgreifen

wollten. Sowohl beim Spiel des Teams 1, als auch beim Spiel des Teams 2 war das jeweils andere Team als passiver Zuschauer anwesend.

In der dritten Runde wurde das Wargame in der abgewandelten Form gespielt. Auch hier konnten die Experimentteilnehmer selbst entscheiden, ob sie mit oder ohne OR-Unterstützung spielen wollten. Bei den Spielen war das jeweils andere Team anwesend.

Das Team 1 entschied sich dafür, eine vierte Runde des Wargames in der abgewandelten Form mit OR-Unterstützung zu spielen.

Nach dem Ende des Wargames wurde mit den Experimentteilnehmern ein Auswertegespräch geführt. Hierzu wurden zunächst die Protokollbögen durch die Experimentleiterin, die hier als Analystin wirkte, ausgefüllt. Die ausgefüllten Protokollbögen finden sich in Anlage 8 dieser Arbeit. Anschließend hatten die Experimentteilnehmer die Möglichkeit, ein Feedback zu geben. Nach dem Ende der Experimentauswertung erfolgte der Rückbau des Lehrsaals.

6.1 Beobachtungen

Der Lehrgangleiter hat die im Vorfeld zur Einweisung der Experimentteilnehmer per Mail zugesandte PowerPoint-Präsentation (Anlage 7) den Experimentteilnehmern zur Vorbereitung des Experiments überlassen. Daraus resultierend hatten die Experimentteilnehmer bereits ein sehr gutes Verständnis für die Spielregeln des Wargames, da diese Bestandteil der o.g. PowerPoint-Präsentation waren. Es ergaben sich lediglich noch zwei Fragen, die jedoch dazu führen, dass bei den Spielregeln Anpassungsbedarf erkannt wurde.

In der ersten Runde des Wargames diskutierten beide Teams sehr ausführlich jeden einzelnen Spielzug und trafen die Entscheidung, über welche Hexagone der Spielstein zu bewegen ist, stets gemeinsam.

Das Team 1 plante dabei jeweils den aktuellen und den folgenden Spielzug voraus. Für das Wargame ohne OR-Unterstützung hatte sich das Team 1 explizit auf Weg A für die irregulären Kräfte festgelegt, sodass die Spielzüge auch vorrangig in Richtung des vermuteten Weges A geplant wurden. Die irregulären Kräfte konnten in diesem Spiel nicht aufgeklärt werden, sodass das Spiel für dieses Team verloren ging.

Das Team 2 plante und diskutierte die eigenen Spielzüge sehr ausführlich, es wurden mehrere Spielzüge vorausgeplant. Auch die möglichen Wege der irregulären Kräfte wurden detailliert besprochen und auf dem Spielbrett markiert, ohne sich explizit auf einen Weg für die irregulären Kräfte festzulegen. Das Team 2 konnte die irregulären Kräfte vor Überschreiten des Hexagons Nr. 107 mit dem letzten der 14 Spielzüge aufklären und somit das Spiel gewinnen.

Die zweite Runde des Wargames wurde mit OR-Unterstützung gespielt. Hierbei verließen sich beide Teams zu 100 Prozent auf das OR-Modell. Bei beiden Teams war zu beobachten, dass nach jedem durch das OR-Modell vorgegebenen Spielzug eine kurze Absprache über weitere mögliche Spielzüge für den eigenen Spielstein stattfand. Team 1 konnte sein Spiel mit OR-Unterstützung gewinnen, bei Team 2 gelang dies aufgrund eines Fehlers in der Programmierung des OR-Modells nicht.

Die dritte Runde des Wargames, in der abgewandelten Form „Nebel“, spielte Team 1 erneut zu 100 Prozent mit OR-Unterstützung. „Nebel“ heißt hier für das Wargame, dass für jedes Hexagon, über welches der Spieler Drohnenbediener mit seinem Spielstein zieht, gewürfelt wird, ob die Sichtbedingungen eine Aufklärung mit der Drohne zulassen (Zahl auf dem Würfel 1, 2 oder 3) oder nicht (Zahl auf dem Würfel 4, 5 oder 6). Die Spielzüge für den eigenen Spielstein wurden nach Vorgabe durch das OR-Modell nicht besprochen, die einzige Kommunikation fand durch das Würfeln statt. Team 1 konnte auch in der dritten Runde mittels OR-Unterstützung und aufgrund eines entsprechenden Würfelergebnisses das Ziel des Spiels erreichen.

Team 2 verzichtete aufgrund der Erfahrung mit dem Programmierfehler in der dritten Runde auf die OR-Unterstützung und wählte den gleichen Planungsansatz wie in der ersten Spielrunde. Da sie in der Zwischenzeit erkannt hatten, dass es essentiell ist, sich zügig an das Hexagon mit dem Anschlagziel anzunähern, wurden die eigenen Spielzüge deutlich sichtbar an diesem Ziel ausgerichtet. Team 2 gelang es, das Hexagon mit dem Spielstein für die irregulären Kräfte zu finden, aufgrund des Würfelergebnisses konnte jedoch kein Aufklärungsergebnis erzielt werden und somit ging für Team 2 auch die dritte Runde des Wargames verloren.

Team 1 spielte analog zur dritten Spielrunde noch ein viertes Mal. Essentielle Ergebnisse konnten aus dieser Spielrunde nicht mehr gewonnen werden.

6.2 Erkenntnisse

Überprüfung der Spielregeln

Im Zuge der Durchführung des Wargames „LUNA Enhanced Warrior“ ergab sich die Fragestellung, ab wann die irregulären Kräfte aufgeklärt sind. Muss der Spielstein des Spielers Drohnenbediener nur über das Hexagon, auf welchem sich die irregulären Kräfte befinden gezogen werden, oder muss der Spielzug auf diesem Hexagon enden?

Im Zusammenspiel mit der OR-Unterstützung zeigte sich, dass es bei der abgewandelten Form des Wargames notwendig ist, für jedes einzelne Hexagon festzulegen, ob die Möglichkeit der Aufklärung besteht oder nicht.

Aufbauend auf diesen beiden Erkenntnissen ergab sich Notwendigkeit der Anpassung der Spielregeln.

Erkenntnisse zu Anwendung OR-Modell

Aufgrund des Fehlers in der Programmierung²¹⁸ des OR-Modells konnte Team 2 das Ziel des Spiels in der zweiten Runde nicht erreichen. Das führte dazu, dass die Programmierung angepasst werden musste. Team 2 verzichtete aufgrund des Programmierfehlers in der dritten Spielrunde auf die OR-Unterstützung. Das Ergebnis für Team 1 in der dritten Spielrunde hat auch gezeigt, dass der Zufall (Würfel) eine nicht unerhebliche Rolle spielt.

Lerneffekte

Die Erkenntnis, dass sich der Spieler Drohnenbediener mit seinem Spielstein zügig an das definierte Anschlagziel annähern muss, reifte bereits in der ersten Spielrunde. Nachdem einmal die Spielzüge des OR-Modells gezeigt wurden, konnte das Team 2 in seiner dritten Spielrunde die erlernten Spielzüge anwenden und hätte in dieser Spielrunde zumindest die theoretische Möglichkeit gehabt, die irregulären Kräfte aufzuklären. Die irregulären Kräfte konnten von ihnen gefunden, jedoch aufgrund des Würfelergebnisses nicht aufgeklärt werden.

6.3 Folgerungen

Anpassung der Spielregeln

Die erkannten Spielregel Anpassungen des Wargames sind durchzuführen. Zeitgleich ist aufgrund der oben formulierten Fragestellung zu konkretisieren, ab wann die irregulären Kräfte als aufgeklärt gelten und damit sichtbar sind.

Der Spieler Drohnenbediener kann bei jedem Spielzug mit seinem Spielstein über zwei Hexagone ziehen. In den Spielregeln ist dazu zu ergänzen: „Zieht er mit seinem Spielstein über das Hexagon, auf welchem die irregulären Kräfte stehen, so gelten diese als aufgeklärt, auch wenn der Spielzug des Spielers Drohnenbediener nicht auf diesem Hexagon endet. Der Spieler Drohnenbediener muss bei jedem Spielzug die Nummern der Hexagone benennen, über welche er mit seinem Spielstein zieht.“

In Ergänzung zu der ersten Anpassung der Spielregeln muss bei der abgewandelten Form des Wargames („Nebel“) für jedes Hexagon einzeln gewürfelt werden, ob auf dem jeweiligen Hexagon die irregulären Kräfte aufgeklärt werden konnten oder nicht. Dazu zieht der Spieler Drohnenbediener mit seinem Spielstein zunächst um ein Hexagon und würfelt anschließend,

²¹⁸ In die Programmierung des OR-Modells war zunächst ein Hexagon, welches für den Überflug gesperrt ist, in die Berechnung mit einbezogen worden. Dies führte zu einer falschen Berechnung der Abfolge der Spielzüge und schlussendlich konnte durch diese „Falschprogrammierung“ das Ziel des Spiels nicht erreicht werden. Siehe dazu auch Berechnungsbeispiele für das OR-Modell, Anlage 6 dieser Arbeit.

um festzustellen, ob er auf diesem Hexagon Aufklärungsergebnisse erzielen konnte. Im Anschluss hat der Spieler Drohnenbediener die Möglichkeit, mit seinem Spielstein um ein weiteres Hexagon zu ziehen. Auch nach diesem Spielzug muss der Spieler Drohnenbediener würfeln, um die Aufklärungsmöglichkeit für dieses Hexagon festzulegen.

Nach der Anpassung der Spielregeln und der Überprüfung in allen Spielrunden des Experiments kann die Untersuchungsfrage nach der grundsätzlichen Funktionalität des Wargames „LUNA Enhanced Warrior“ mit *JA* beantwortet werden.

Anwendung OR-Modell

Aus dem Verzicht von Team 2, im dritten Spiel OR zu nutzen, kann abgeleitet werden, dass sich Vertrauen in die Computerunterstützung nicht erzwingen lässt und auch deutlich kommuniziert werden muss, dass OR lediglich eine Unterstützungsleistung anbietet, die von Menschen programmiert wurde. Dies wiederum impliziert, dass aufgrund der menschlichen Komponente Fehler entstehen können.

OR ist in der Lage, den Zufall in die Wahrscheinlichkeiten mit einzuberechnen. Aber je höher die Wahrscheinlichkeit für den „richtigen“ Spielzug sein soll, desto länger wird die Rechenzeit für den Computer.

Grundsätzlich wurde von den Experimentteilnehmern aber verstanden, wozu die OR-Unterstützung dienen soll.

Die Untersuchungsfrage, ob das Ziel des Spiels durch OR-Unterstützung mit weniger Spielzügen als ohne OR erreicht werden kann, kann nach Beendigung des Experiment nicht beantwortet werden, da die Programmierung des OR-Modells auf die 14 möglicher Spielzüge²¹⁹ ausgerichtet war. Die OR-Programmierung sollte die Spielzüge für den Spieler Drohnenbediener im Wargame optimieren. In der Konzeption des Experiments wurde Optimierung als „das Ziel des Spiels mit weniger Spielzügen erreichen“ verstanden. Dies wurde in der Programmierung so nicht umgesetzt.

Planung des Flugweges der Drohne

Die Experimentteilnehmer waren sich einig, dass das Wargame geeignet ist, eine Idee für die taktische Herangehensweise an eine Missionsplanung zu liefern. Restriktionen hinsichtlich Zeit, Umwelt und Luftraumordnung, welche auch für die reale Einsatz- und Missionsplanung für die Drohnenbediener eine entscheidende Rolle spielen, können mit dem Wargame gut abgebildet werden. Da aber für eine Flugplanung auch andere Faktoren zu berücksichtigen sind (bspw. Windverhältnisse) und diese vom System LUNA selbst bei der Programmierung

²¹⁹ Vgl. Johannsmann, Leonie: Optimierte Flugroutenplanung des Wargames „Enhanced LUNA Warrior“, S.27.

des Flugweges berücksichtigt werden, eignet sich das hier verwendete Wargame nicht, um die eigentliche Flugwegplanung zu schulen.

Anwendbarkeit des Wargames in der Ausbildung der Fluggeräteeinsatzfeldweibel

Von den Experimententeilnehmern wurde die Anwendbarkeit des Wargames in der Ausbildung der Fluggeräteeinsatzfeldweibel dennoch bejaht.

Es wurde auf den positiven Einfluss auf die Methodik und Didaktik in der Ausbildung verwiesen. Zudem wurde herausgestellt, dass sich das Wargame dazu eignet, eine erste Idee für eine mögliche taktische Herangehensweise an eine Mission zu entwickeln.

Bediener von Fluggeräten (bemannt und unbemannt) erhalten während ihrer fliegerischen Ausbildung auch eine Ausbildung in Crew Resource Management (CRM). Wesentlicher Bestandteil von CRM ist, wie unter Kapitel III 2. im Rahmen von Human Factors erläutert, die Kommunikation der Crewmitglieder untereinander. Bei den Fluggeräteeinsatzfeldweibel ist die Basisausbildung CRM Bestandteil der Feldweibelausbildung. Zusätzlich ist für den Lizenzerhalt jährlich eine Fortbildung in CRM zu absolvieren.

Um das Kommunikationsverhalten zu üben, würde sich nach Aussage der Experimenteilnehmer das Wargame gut für die jährlich durchzuführende Fortbildung eignen. Da für das Wargame selbst Möglichkeiten für das Ziehen des Spielsteins entwickelt, besprochen und abgewogen werden müssen, kann auf diese Weise das Kommunikationsverhalten der Crewmitglieder geschult werden, sodass das Wargame „LUNA Enhanced Warrior“ für die Ausbildung der Fluggeräteeinsatzfeldweibel im Rahmen von CRM anwendbar ist.

Data Collection Plan

<u>Fragestellung</u>	<u>Wann zu erheben?</u>	<u>Wie zu erheben?</u>	<u>Bemerkung</u>
Wie verhält sich das jeweils in der Zuschauerrolle befindliche Spielteam?	vor und während der Durchführung des Serious Games	Beobachtung	
Wurden die Spielregeln von der Zielgruppe verstanden?	vor, während und nach der Durchführung des Serious Games	Beobachtung/ Befragung der Spielteams	
Lässt sich das Serious Game in der vorliegenden Konzipierung spielen?	während und nach der Durchführung des Serious Games	Beobachtung/ Befragung der Spielteams	
Erreicht die Zielgruppe das Ziel des Spiels?	nach Durchführung aller Durchgänge des Serious Games	Beobachtung	
Sind bei den Spielteams Lerneffekte zu beobachten?	während der Durchführung des Serious Games	Beobachtung	
Wird das Verständnis der Zielgruppe für eine effektive Planung des Flugweges der Drohne erreicht?	nach Durchführung aller Durchgänge des Serious Games	Befragung des Spielteams	
Wird das Ziel der Anwendung der OR-Unterstützung verstanden?	während und nach der Durchführung des Serious Games mit OR-Unterstützung	Beobachtung/ Befragung der Spielteams	
Wird die OR-Unterstützung durch die Spielteams genutzt?	während der Durchführung des Serious Games mit OR-Unterstützung	Beobachtung/ ggf. Befragung der Spielteams bei Nicht-Nutzung	

Kann das Ziel des Spiels durch OR-Unterstützung mit weniger Spielzügen realisiert werden?	während und nach der Durchführung des Serious Games mit OR-Unterstützung	Beobachtung	
Wie verhalten sich die Experimentteilnehmer während des Auswertgespräches?	während des Auswertgespräches	Beobachtung	

6. Erkenntnisse aus der Vorstellung des CD&E-Vorhabens am 29. September 2017 in Jagel

Am 29. September 2017 wurden das Wargame und das zugehörige OR-Model bei der 2. Staffel des Taktischen Luftwaffengeschwaders in Jagel im Rahmen einer Weiterbildung vorgestellt und getestet.

An der Weiterbildung nahmen insgesamt 11 Soldaten teil, für die Spielteams standen letztendlich acht Soldaten zur Verfügung, sodass insgesamt vier Teams gebildet werden konnten.

Die Spielteams wurden von jeweils einem Piloten und einem Operator gebildet.

Bei der Vorstellung des Wargames zeigte sich unter den Teilnehmern erhebliche Skepsis, ob die Konzeption des Wargames überhaupt für diese Zielgruppe geeignet sei, da das Arbeitsgerät dieser Zielgruppe, die Drohne HERON, über deutlich andere Parameter verfügt als die für die Konzeption des Wargames verwendete Aufklärungsdrohne LUNA.

Nachdem sich die Teilnehmer auf das Testen des Spiels eingelassen hatten, zeigte sich jedoch sehr schnell, dass es völlig unerheblich ist, für welche Art von Drohne das Brettspiel konzipiert wurde. Das dem Wargame zu Grunde liegende Szenario und die Art der Drohne spielt für die eigentliche Durchführung des Wargames keine Rolle. Um das Ziel des Spiels zu erreichen, ist es lediglich notwendig, die Spielregeln einzuhalten, auf welchem Flugmuster diese basieren, ist unerheblich. Dieses Erkenntnis wurde auch aus dem ersten Experiment in Munster gewonnen.

Die weiteren Beobachtungen während der Durchführung des Spiels glichen sich ebenfalls mit denen aus Munster. Die Teams kommunizierten unterschiedlich viel miteinander, trafen aber die Entscheidung zum Vorrücken des eigenen Spielsteins meist gemeinsam. Es ist allerdings anzumerken, dass im Gegensatz zur Durchführung des Wargames in Munster keines der Teams in der Lage war, das Ziel des Spiels zu erreichen, nämlich die irregulären Kräfte vor Erreichen des Anschlagziels aufzuklären.

Insgesamt zeigten sich die Teilnehmer sehr interessiert an dem gesamten Vorhaben und bestätigten die Verwendbarkeit des Wargames für die eigene Ausbildung im Rahmen von CRM.

Zur Methode OR hatten die Teilnehmer bis zu diesem Zeitpunkt noch keinerlei Kenntnis, sodass auch in diesem Zusammenhang von einem Weiterbildungseffekt bei den Teilnehmern gesprochen werden kann.

Alles in allem kann die Vorstellung des CD&E-Vorhabens auch in Jagel bei der 2. Staffel des Taktischen Luftwaffengeschwaders als Erfolg bewertet werden.

C. Zusammenfassung/ Schluss

Ziel dieser Arbeit war es, einen Überblick über wissenschaftliche Methoden zu geben, welche in den Streitkräften im Rahmen der Zukunftsanalyse und Zukunftsentwicklung der Bundeswehr angewendet werden oder angewendet werden könnten. Die etablierten wissenschaftlichen Methoden, CD&E, M&S, OR und Arch, bilden dabei bereits ein gutes Fundament, um Streitkräfte zielgerichtet und zukunftsfähig weiterzuentwickeln.

Im Rahmen der Recherche zu dieser Arbeit hat sich jedoch auch gezeigt, dass die wirkliche Expertise für die wissenschaftlichen Methoden bisher wesentlich nur im Planungsamt der Bundeswehr verankert und etabliert ist und von den Streitkräften selbst noch nicht in dem Umfang genutzt wird, wie es eigentlich möglich wäre. Beispielfhaft sei hier auf die Methode OR verwiesen, bei der das Planungsamt das Reachback-Element für die Einsätze stellt. Die einzelnen Teilstreitkräfte sind angehalten, eigene OR-Elemente auszubilden und zu etablieren, dieser Prozess läuft aber nach wie vor nur schleppend ab. So sind beim Heer die Dienstposten der OR-Experten auf Divisionsebene zu Friedenszeiten als Übungsplaner ausgebracht, sodass aufgrund des damit verbundenen Aufwandes diesen keine Möglichkeit zur Ausübung ihrer OR-Tätigkeit bleibt.²²⁰

Außerdem wurden eigenständige wissenschaftliche Methoden, die als Anwendungsfälle der etablierten Methoden definiert wurden, näher beleuchtet. Hier hat sich gezeigt, dass eine Anwendung dieser Methoden in der Bundeswehr zielführend und gewinnbringend sein könnte.

Um diesen positiven Effekt nachzuweisen, wurde in Kapitel IV dieser Arbeit ein fiktives CD&E-Vorhaben entwickelt, welches durch den in dieser Arbeit erbrachten Nachweis der Funktionalität und bei entsprechender Weiterentwicklung dafür sorgen könnte, dass die Anwendungsmöglichkeiten und das Zusammenspiel der wissenschaftlichen Methoden OR und Wargaming einem neuen (anderen) Personenkreis vorgestellt und zugänglich gemacht werden könnten.

Auch wenn das fiktive CD&E-Vorhaben zunächst als Einzelexperiment konzipiert wurde und somit gemäß den Grundsätzen zur Anwendung von CD&E keine ab-

²²⁰ Leiter AG M&S Bw, Telefongespräch vom 20.01.2016.

schließlich validen Experimentiererergebnisse liefert, so kann es doch als Denkanstoß für die (Weiter-) Entwicklung einer neuen, wissenschaftlich basierten Ausbildungsmethode für die Bundeswehr dienen.

Die in dieser Arbeit verwendete Methode des Wargaming wird in der Bundeswehr bisher nur in geringem Umfang im Rahmen der Ausbildung, aber nicht als etablierte, bzw. institutionalisierte wissenschaftliche Methode, bspw. in der Zukunftsentwicklung der Bundeswehr, genutzt. Die in dieser Arbeit hinter der Entwicklung des Wargames stehende Theorie lässt jedoch den Schluss zu, dass eine breite Anwendung des Wargaming, bspw. in der Ausbildung, durchaus sinnvoll wäre. Weiterhin ist aufgrund des theoretischen Konzepts anzunehmen, dass durch das zusätzlich programmierte OR-Modell die Ausbildung ergänzend unterstützt werden könnte.

An dieser Stelle sei zudem kurz an die Forderungen der Agenda „Attraktivität“ verwiesen. Durch die Anwendung der Methode Wargaming, bspw. mit Serious Gaming, können die jungen Leute als wesentliche Zielgruppe angesprochen werden, die für die deutschen Streitkräfte zur Behebung des Nachwuchsproblems essentiell ist.

Das Nachwuchsproblem der Bundeswehr resultiert aus der demographischen Entwicklung und dem gesellschaftlichen Wandel in Deutschland. In diesem Zusammenhang spielt auch Human Factors eine Rolle, da die Ressource Mensch, also die für die Bundeswehr in Deutschland zu rekrutierende Anzahl an Menschen, immer knapper wird und von ihm immer mehr Fähigkeiten in immer kürzerer Zeit gefordert werden. Das macht Anpassungen der Arbeitsumgebung und Arbeitsmittel, aber auch Veränderungen im Mindset zur Entwicklung eines neuen Verständnisses gegenüber dem Menschen als Individuum notwendig. Aus diesem Grund ist zu empfehlen, Human Factors als wissenschaftliche Methode in den Streitkräften zu etablieren.

Als Anwendungsfall von OR und als Anknüpfungspunkt für Architekturen wurde die Methode Knowledge Development in dieser Arbeit thematisiert. KD wurde bisher nur im Rahmen eines CD&E-Vorhabens von den Streitkräften getestet, aber nicht als neue Methode eingeführt. Aufgrund der vielseitigen Anwendbarkeit dieser Methode sollte diese Entscheidung überdacht werden. Mittels KD kann das für die Komplexität der Einsatzgebiete notwendige systemische Verständnis und Denken zielgerichtet aktiviert werden, sodass die Methode in jedem Fall einen Mehrwert für die Bundeswehr erzeugen könnte. Im Rahmen der Multinationalität sei zudem darauf verwiesen,

dass diese Methode derzeit von den Streitkräften der Niederlande angewandt wird, sodass sich auch hier Anknüpfungspunkte ergeben.

Abschließend ist festzustellen, dass die Bundeswehr in der Theorie bereits über einen umfassenden Werkzeugkasten an wissenschaftlichen Methoden für die Zukunftsentwicklung der Bundeswehr verfügt. Gleichwohl lässt sich aber festhalten, dass sowohl in der Anwendung der etablierten Methoden, als auch hinsichtlich der Einführung oder Etablierung der übrigen, in dieser Arbeit vorgestellten, bzw. genannten Methoden noch Weiterentwicklungsbedarf besteht. Mit Blick auf die Zukunftsthemen wurde aufgezeigt, warum das Suchen und Entwickeln von neuen oder anderen Methoden notwendig bleibt, diese Arbeit sollte dazu weitere Denkanstöße liefern.

D. Literaturverzeichnis

Ackoff, Russell L./ **Sasieni**, Maurice W.: Operations Research - Grundzüge der Operationsforschung (übersetzt und bearbeitet von Bliefernich, Dr. Manfred), Verlag Kunst und Wissen, Stuttgart, 1. Aufl. 1970

Allen, Thomas B.: War Games - The Secret World of the Creators, Players, and Policy Makers Rehearsing World War III Today, McGraw-Hill, London, 1. Aufl. 1987

Badke-Schaub, Petra/ **Hofinger**, Gesine/ **Lauche**, Kristina (Hrsg.): Human Factors - Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Aufl. 2012

Berg, Dr. Claus C.: Individuelle Entscheidungsprozesse: Laborexperimente und Computersimulation, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler KG, Wiesbaden, 1. Aufl. 1973

Bossel, Hartmut: Systeme, Dynamik, Simulation - Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 1. Aufl. 2004

Bossel, Hartmut: Modellbildung und Simulation - Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/ Wiesbaden, 1. Aufl. 1992

Brockhaus: Die Enzyklopädie in vierundzwanzig Bänden, 7. Band, Verlag F. A. Brockhaus GmbH, Leipzig, Mannheim, 20. Aufl. 1997

Bungartz, Hans-Joachim/ **Zimmer**, Stefan/ **Buchholz**, Martin/ **Pflüger**, Dirk: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1. Aufl. 2009

Chapanis, Alphonse: Human Factors in Systems Engineering, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1. Aufl. 1996

Churchman, Charles West/ **Ackoff**, Russell Lincoln/ **Arnoff**, E. Leonard: Operations Research - Eine Einführung in die Unternehmensforschung (übersetzt von Schlecht, Elvine und Ferschl, Franz), Oldenbourg Verlag, Wien, Oldenbourg, 1. Aufl. 1961

- Clausewitz**, Carl von: Vom Kriege, ohne, Potsdam, 1. Aufl. 1832
- Corsten**, Hans/ **Corsten**, Hilde/ **Sartor**, Carsten: Operations Research, Verlag Franz Vahlen, München, 1. Aufl. 2005
- Creveld**, Martin van: Wargames - From Gladiators to Gigabyte, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapur, Sao Paulo, Delhi, Mexiko City, 1. Aufl. 2013
- Deinet**, Ulrich/ **Sturzenhecker**, Benedikt (Hrsg.): Konzepte entwickeln - Anregungen und Arbeitshilfen zur Klärung und Legitimation, Juventa Verlag, Weinheim, München, 1. Aufl. 1996
- Domschke**, Wolfgang/ **Drexl**, Andreas: Einführung in Operations Research, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Honkong, London, Mailand, Paris, Tokio, 5. Aufl. 2002
- Dunnigan**, James F.: The Complete Wargames Handbook: How to Play, Design, and Find Them, Morrow, New York, 1. Aufl. 1992
- GenMaj **Gerber**, Dr. rer. pol. Johannes: Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre der Streitkräfte, Walhalla und Praetoria Verlag, Regensburg, 1. Aufl. 1978
- Gipser**, Michael: Systemdynamik und Simulation, B.G. Teubner, Stuttgart, Leipzig, 1. Aufl. 1999
- Graf**, Pedro: Konzeptentwicklung, Verlag Prof. Dr. Jürgen Sandmann, Alling, 2. Aufl. 1996
- Graf**, Pedro/ **Spengler**, Maria: Leitbild- und Konzeptentwicklung, Verlag ZIEL - Zentrum für interdisziplinäres erfahrungsorientiertes Lernen GmbH, Augsburg, 3. Aufl. 2000
- Hausrath**, Alfred, H.: Venture Simulation in War, Business and Politics, McGraw-Hill, New York, 1. Aufl. 1971
- Hermann**, Armin/ **Schönbeck**, Charlotte (Hrsg.): Technik und Wissenschaft, VDI Verlag, Düsseldorf, 1. Aufl. 1991

Honekamp, Wilfried (Hrsg.): Concept Development & Experimentation – Erfahrungen aus der praktischen Anwendung der Methode zur Transformation von Streitkräften, Re Di Roma-Verlag, Remscheid, 1. Aufl. 2008

Jäger, Thomas/ **Thiele**, Ralph (Hrsg.): Transformation der Sicherheitspolitik - Deutschland, Österreich, Schweiz im Vergleich, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 1. Aufl. 2011

Josuttis, Nicolai: SOA in der Praxis - System-Design für verteilte Geschäftsprozesse, dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg, 1. Aufl. 2008

Kaestner, Roland (Hrsg.): Historische Trendanalyse - Vergangenheit verstehen - Zukunft gestalten, IAP Publizistische Gesellschaft für Politik und Zeitgeschehen mbH, München, 1. Aufl. 2004

Kanki, Barbara G./ **Helmreich**, Robert L./ **Anca**, José: Crew Resource Management, Elsevier Inc., Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 1. Aufl. 2010

Krafzig, Dirk/ **Banke**, Karl/ **Slama**, Dirk: Enterprise SOA - Service-Oriented Architecture, Best Practices, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 1. Aufl. 2005

Makinia, Jacek: Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems, IWA Publishing, London, 1. Aufl. 2010

Masak, Dieter: Moderne Enterprise Architekturen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New, York, 1. Aufl. 2005

Matthes, Dirk: Enterprise Architecture Frameworks - Kompendium, Springer Verlag, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 1. Aufl. 2011

Möller, Dietmar P. F.: Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Budapest, 1. Aufl. 1992

Müller-Merbach, Dr. Heiner: Operations Research - Methoden und Modelle der Optimalplanung, Verlag Franz Vahlen, München, 3. Aufl. 1973

Perla, Peter P.: The Art of Wargaming: A Guide for Professionals and Hobbyists, Naval Institute Press, Annapolis, 1. Aufl. 1990

Ponn, Josef: Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte, Verlag Dr. Hut, München, 1. Aufl. 2007

Roos, Dr. phil. Carl Alexander: Das Tätigkeits- und Anforderungsbild des Operations Research, Westdeutscher Verlag, Köln, Opladen, 1. Aufl. 1966

Runzheimer, Bodo: Operations Research I - Lineare Planungsrechnung und Netzplantechnik, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler KG, Wiesbaden, 1. Aufl. 1978

Runzheimer, Bodo: Operations Research II - Methoden der Entscheidungsvorbereitung bei Risiko, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler KG, Wiesbaden, 1. Aufl. 1978

Sabin, Philip: Simulating War - Studying Conflict Simulation through Games, Continuum International Publishing Group, London, 1. Aufl. 2012

Sauerbier, Thomas: Theorie und Praxis von Simulationssystemen - Eine Einführung für Ingenieure und Informatiker, Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/ Wiesbaden, 1. Aufl. 1999

Scherf, Helmut E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme - Eine Sammlung von Simulink-Beispielen, Oldenbourg Verlag, München, Wien, 2. Aufl. 2004

Steininger, Konrad: Führung und Zusammenarbeit im Flugbetrieb - Crew Resource Management für Berufs- und Verkehrsflugzeugführer, Books on Demand GmbH, Hamburg, 1. Aufl. 2003.

Vollmers, Burkhard: Kreatives Experimentieren - Die Methodik von Jean Piaget, den Gestaltpsychologen und der Würzburger Schule, Deutscher Universitätsverlag GmbH, Wiesbaden, 1. Aufl. 1992

Wiener, Earl L./ Kanki, Barbara G./ Helmreich, Robert L.(Hrsg.): Cockpit Resource Management, Academic Press Inc., Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, 1. Aufl. 1993

Winsberg, Eric B.: Science in the Age of Computer Simulation, The University of Chicago Press, Chicago, London, 1. Aufl. 2010

Wöhe, Dr. Dr. h.c. mult. Günter/ Döring, Dr. Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Verlag Franz Vahlen, München, 5. Aufl. 2013

Wolters, Gereon/ Carrier, Martin (Hrsg.): Homo Sapiens und Homo Faber - Epistemische und technische Rationalität in Antike und Gegenwart; Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin, New York, 1. Aufl. 2005

Woodson Wesley E./ Tillman Barry/ Tillman, Peggy: Human Factors Design Handbook - Information and Guidelines for the System of Designs, Facilities, Equipment and Products for Human Use, McGraw-Hill, New York, St. Louis, San Francisco, Auckland, Bogotá, Caracas, Lissabon, London, Madrid, Mexiko City, Mailand, Montreal, Neu Delhi, San Juan, Singapur, Sydney, Tokio, Toronto, 2. Aufl. 1992

Aufsätze

Bumiller, Elizabeth: We Have Met the Enemy and He Is PowerPoint (<http://www.nytimes.com/2010/04/27/world/27powerpoint.html>), New York Times, 26. April 2010

Hartl, Dr. Christoph: Knowledge Development - Konzeption und Praxis, Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder - Konzepte und Verfahren der Transformation, 2010, Ausgabe 02

Kress, Moshe/ Royset, Johannes O.: Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations, Operations Research Department, Naval Postgraduate School, Monterey, 9. März 2007

Ortlieb, Dr. Claus Peter: Einführung in die mathematische Modellierung, Skript zur Vorlesung an der Universität Hamburg, Sommersemester 2009

Perla, Peter P./ McGrady, E.D.: Why Wargaming Works, Naval War College Review, 2011, Vol. 64, No. 3, S. 113

Pickl, Prof. Dr. Stefan: Modernes Operations Research zur Unterstützung von Planungsaufgaben und Prozessoptimierung: "Operations Research als hochdimensionales Komplexitätsmanagement", Fähigkeitsentwicklung der Bundeswehr: Perspektiven und Potenziale DWT, Deutsche Gesellschaft für Wehrtechnik e.V. Bonn, 2013, S. 77-80

Reeb, Dr. Hans-Joachim/ Hartl, Dr. Christoph: Editorial Knowledge Development, Reader Sicherheitspolitik, V. Militärische Handlungsfelder Konzepte und Verfahren der Transformation, 2010, Ausgabe 02

Schaub, Harald: Resilienz: Menschen und Organisationen widerstandsfähig machen, Krisenmanagement - Bevölkerungsschutz - Gemeinsames Lageverständnis als Basis der Resilienz von Stäben und Organisationen: Lehrstoffsammlung, 2016, S. 161-169

Schaub, Harald: Objektive Persönlichkeitsdiagnostik und Personalauswahl für spezielle militärische Aufgaben. Psychologie für Einsatz und Notfall: Internationale truppenpsychologische Erfahrungen mit Auslandseinsätzen, Unglücksfällen, Katastrophen 2011, Summary

Schaub, Harald: Die Bevölkerung als Akteur?, Krisenmanagement als eine ganzheitliche Aufgabe aller Beteiligten, Krisenmanagement - Bevölkerungsschutz.: Lehrstoffsammlung, 2016, S. 171-178

Schaub, Harald: Der Soldat als Human Factor - Störfaktor moderner Rüstungsprojekte?, Gneisenau Blätter: "Soldat und digitales Schlachtfeld", 2009, Band 8

Andere

Bundesministerium der Verteidigung: Leitlinie Zukunftsentwicklung 2013, Berlin, Oktober 2013

Institut für Technik intelligenter Systeme e.V. an der UniBw München (Hrsg.): Analysemethoden im Rahmen von CD&E Vorhaben, Studienbericht, Neubüerg, März 2010

Johannsmann, Leonie: Optimierte Flugroutenplanung des Wargames „Enhanced LUNAWarrior“, Hamburg, März 2017

Luftwaffenamt, Zentrum für Weiterentwicklung der Luftwaffe (Hrsg.): Concept Development & Experimentation - Eine Einführung, Köln, Februar 2006

North Atlantic Council: NATO C3 Board - NATO C3 System Architecture Framework, Version 2, Brüssel, September 2004

Planungsamt der Bundeswehr, Abteilung IV - Wissenschaftliche Unterstützung/ Interoperabilität: Leitfaden Anwendung der Methode Architektur in der Bundeswehr, Berlin, Mai 2014

Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Study 2012 - Nichtstaatliche Konflikte in Räumen begrenzter Staatlichkeit, Berlin, August 2013

Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Topic Geoengineering, Berlin, November 2012

Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Future Report - Umweltdimensionen von Sicherheit, Berlin, Oktober 2012

Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Umweltdimensionen von Sicherheit, Teilstudie 1 - Peak Oil - Sicherheitspolitische Implikationen knapper Ressourcen, Berlin, 3. Auflage, Oktober 2012

Planungsamt der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Umweltdimensionen von Sicherheit, Teilstudie 2 - Klimafolgen im Kontext - Implikationen von Sicherheit und Stabilität im Nahen Osten und Afrika, Berlin, Oktober 2012

Planungsamt der Bundeswehr, PlgABw IV 4 1, Qual Analyse Ustg/ CD&E/ OR/ ARCH: Konzept „Analytische Methode zur Entwicklung von Zukunftsräumen/ Szenarien“ für das CD&E-Vorhaben „Unterstützung der Bereitstellung zeitkritischer Problemstellungen im Krisenmanagement“, Taufkirchen, Version 0.92, Februar 2016

Planungsamt der Bundeswehr, PlgABw IV 4, Analyseunterstützung: CD&E-Vorhaben „Bundeswehrgemeinsamer Aufbau Vernetzte Operationsführung“ (Bwgem Aufbau NetOpFü), Erweiterung „Lagebild MilEvakOp“ - Anteil See, Ana-

lysebericht LOE 5 „Demonstrationsexperiment mit Refinement-Anteil“, Taufkirchen, Version 0.7, Januar 2016

Zentrum für Transformation der Bundeswehr, Dezernat Zukunftsanalyse: Sicherheitspolitische Zukunftsanalyse - Ausblick auf 2035 - Trends und Entwicklungen, Strausberg, April 2007

E. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Prozess CD&E	S. 13
Abb. 2:	NAF Views	S. 47
Abb. 3:	Venture Simulation in War	S. 54
Abb. 4:	“Spaghetti-Slide”	S. 67
Abb. 5:	Spielbrett mit Sperrzonen	S. 72
Abb. 6:	Spielbrett mit Anmarschwegen Irreguläre Kräfte	S. 73
Abb. 7:	Spielbrett Drohnenbediener	S. 74
Abb. 8:	Phasen des Vorhabens	S. 78
Abb. 9:	Konzeptmodell für das Wargame	S. 80
Abb. 10:	Anwendung der Methode	S. 81
Abb. 11:	Spielbrett Spielleiter	S. 135
Abb. 12:	Spielbrett Drohnenbediener	S. 136
Abb. 13:	Konzeptionelles Modell „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteinsatzfeldweibel“	S. 92
Abb. 14:	Kasernenplan Munster	S. 97
Abb. 15:	Aufbau Lehrsaal für Experiment	S. 98

F. Anlagen

Beeinflussende Faktoren aus dem Experiment der Naval Postgraduate School

- Getaktete Zeit: Wie groß ist der Wert eines Zeitschrittes?
 - ➔ die Spielfelder je Spielzug für den Spieler Drohnenbediener im Wargame sind festzulegen, dies sollte passend zur Geschwindigkeit der Drohne festgelegt werden
- Anzahl der UAVs
 - ➔ Zugstärke (1, 2 oder 3 Drohnen)
- Equipment der Drohnenbediener
 - ➔ Gibt es für LUNA eine GCU (Ground Control Unit) und ein MCC (Mission Control Center)?
 - ➔ Wenn für LUNA existent, wie kommunizieren GCU und MCC und wie weit dürfen diese voneinander entfernt sein? Muss dazwischen eine Sichtverbindung existieren?
 - ➔ Wie weit darf die Drohne von der GCU entfernt sein und ist auch hier ggf. eine Sichtverbindung notwendig?
 - ➔ die GCU (und MCC, wenn existent) müssen ggf. im Wargame mit der Drohne verschoben werden
- Wie hoch fliegt die Drohne?
 - ➔ bestimmte Felder dürfen im Wargame nicht überflogen werden, weil bspw. Berge den Überflug verhindern
- Wenn zwei Drohnen eingesetzt werden, wie groß muss der Flugabstand zwischen zwei Drohnen sein?
 - ➔ ggf. kann ein Spielfeld im Wargame nicht gleichzeitig von zwei Drohnen besetzt werden oder es sind sogar mehrere Spielfelder Abstand zwischen zwei Drohnen nötig
- Wenn zwei Drohnen eingesetzt werden, gibt es eine Frequenzkopplung zwischen GCU und Drohne und stört die GCU ggf. die zweite Drohne? Wie groß müsste dann der Abstand zwischen den beiden Drohnen sein?
 - ➔ ggf. kann ein Spielfeld im Wargame nicht gleichzeitig von zwei Drohnen besetzt werden oder es sind sogar mehrere Spielfelder Abstand zwischen zwei Drohnen nötig
- Wie lange kann die Drohne LUNA in der Luft bleiben?

- ➔ der Spieler Drohnenbediener muss ggf. Spielzüge im Wargame aussetzen, weil die Drohne betankt und neu gestartet werden muss
- Wie verhält sich die Drohne bei Nebel, bzw. wie sind da die Aufklärungsergebnisse?
- ➔ ggf. entscheidet der Würfel darüber, ob die Drohne aufklären kann oder nicht (1, 2, 3 → Drohne hat Sicht und kann aufklären; 4, 5, 6 → Drohne hat keine Sicht und kann somit nicht aufklären)

Planung des Anschlagsszenarios

- ggf. mehrere Anschlagsorte, welche mit verschiedenen Wahrscheinlichkeiten eintreten
 - ➔ die Wahrscheinlichkeit für den Anschlagort muss im Wargame irgendwie ermittelt werden
 - ➔ dies kann durch einen Würfel erfolgen (1, 2, 3, 4 → Anschlagort A; 5, 6 → Anschlagort B)
 - Weg des Gegners
 - ➔ die Wahrscheinlichkeit für den Weg des Gegners muss im Wargame irgendwie ermittelt werden
 - ➔ dies kann durch einen Würfel erfolgen (1, 2, 3 → Weg A; 4, 5 → Weg B; 6 → Weg C)
- ➔ Welche dieser Informationen soll der Spieler Drohnenbediener vorher erhalten?

Datenblatt der Firma emt-Penzberg²²¹

LUNA Tageslicht- und IR-Sensork

LUNA EMT

Luftaufklärungs- und Überwachungssystem

Start und Landung

Das LUNA System ist ein vollintegriertes Luftaufklärungs- und Überwachungssystem, das in einem einzigen Fluggerät untergebracht ist. Es besteht aus einem Fluggerät, einem Bodenstation und einem Datenlink.

Technische Daten

Flugdauer: 120 Minuten
Reichweite: 100 km
Höhe: 1000 m
Geschwindigkeit: 100 km/h
Gewicht: 10 kg
Länge: 1,5 m
Breite: 0,5 m
Höhe: 0,5 m



LUNA Luftaufklärungs- und Überwachungssystem

Das LUNA Drohnensystem

Das LUNA Drohnensystem ist ein vollintegriertes Luftaufklärungs- und Überwachungssystem, das in einem einzigen Fluggerät untergebracht ist. Es besteht aus einem Fluggerät, einem Bodenstation und einem Datenlink.



Das LUNA Fluggerät

Das LUNA Fluggerät ist ein vollintegriertes Luftaufklärungs- und Überwachungssystem, das in einem einzigen Fluggerät untergebracht ist. Es besteht aus einem Fluggerät, einem Bodenstation und einem Datenlink.



Bodenstation

Die Bodenstation ist ein vollintegriertes Luftaufklärungs- und Überwachungssystem, das in einem einzigen Fluggerät untergebracht ist. Es besteht aus einem Fluggerät, einem Bodenstation und einem Datenlink.



²²¹ http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/LUNA_de_02.pdf (letzter Abruf: 23.10.2016)

Spielregeln Wargame**Szenario:**

Irreguläre Kräfte haben in der Region um Kunduz einen terroristischen Anschlag auf die Brücke zwischen Hazrat-e Soltan und Eshanan (Hexagon Nr. 106) geplant. Auf welchem Weg die irregulären Kräfte in den Raum Kunduz einfließen, ist nicht abschließend aufgeklärt, es gibt 3 mögliche Routen, die mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten belegt sind. Das Militärische Nachrichtenwesen des Deutschen ISAF-Kontingentes hat die PRT-Führung des PRT Kunduz über die Anschlagpläne informiert, weitere Informationen liegen bisher nicht vor. Der PRT-Kommandeur beauftragt die Aufklärungskräfte der Schutzkompanie mit dem Erohnenzug LUNA Aufklärungsergebnisse zu beschaffen, um die irregulären Kräfte an der Durchführung eines terroristischen Anschlages zu hindern.

Ziel des Spiels

Ziel des Spiels ist es, dass der Spieler Drohnenbediener in möglichst wenigen Schritten die irregulären Kräfte ausfindig macht, um diese an der Realisierung ihres Auftrages, nämlich der Durchführung des terroristischen Anschlages, zu hindern. Ziel muss es sein, die irregulären Kräfte vor Überschreiten der Hexagone 92 – 93 – 105 – 107 – 118 – 119 aufzuklären, um so die Annäherung an den geplanten Anschlagort zu verhindern. Die Hexagone in diesem Bereich sind auf dem Spielbrett gekennzeichnet. Der Spieler Drohnenbediener hat maximal 14 Spielzüge, um die irregulären Kräfte ausfindig zu machen. Gelingt ihm das nicht, hat er das Spiel verloren.

Durchführung des Spiels

Zum Spiel gehören zwei Spielbretter, auf denen unterschiedlich farbige Hexagone zu sehen sind, zwei Spielsteine (rot und schwarz), sowie ein Würfel. Der Spieler Drohnenbediener erhält das für ihn gekennzeichnete Spielbrett, das zweite verbleibt beim Spielleiter.

Als ersten Schritt wählen die Spieler die Farbe ihres Spielsteins (rot oder schwarz). Anschließend wird durch den Spielleiter ausgewürfelt, auf welchem Weg die irregulären Kräfte in den Raum Kunduz einfließen. Hierfür gibt es unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten und der Startpunkt der irregulären Kräfte wird durch den Spielleiter (für den Drohnenbediener nicht einsehbar) ausgewürfelt. Für den Start-

punkt A (Nikpa-ye Sofla - Hexagon Nr. 205) gibt es eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 50 Prozent (Augenzahl auf dem Würfel 1, 2 oder 3), für den Startpunkt B (Do Vandi - Hexagon Nr. 22) beträgt sie 35 Prozent (Augenzahl 4 oder 5) und für Startpunkt C (Shureh Khak-e Bala - Hexagon Nr. 75) 15 Prozent (Augenzahl 6). Würfelt der Spielleiter eine 1, 2 oder 3 ist A der Startpunkt (Hexagon Nr. 205), würfelt er eine 4 oder 5 ist der Startpunkt bei B (Hexagon Nr. 22), fällt mit dem Würfel die Zahl 6 ist C (Hexagon Nr. 75) der Startpunkt.

Mit der Festlegung des Startpunktes durch das Würfelergebnis des Spielleiters ist auch eine entsprechende Route zum geplanten Anschlagziel vorgegeben. Da sich die irregulären Kräfte mit einem Fahrzeug zum Anschlagort bewegen, wurden die Route und somit auch die Abfolge der zu passierenden Hexagone so gewählt, dass zumindest befestigte Wege genutzt werden müssen. Diese Route kennt nur der Spielleiter.

Der Standort für die Bodenkontrollstation (BKS) und somit der Startpunkt der Aufklärungsdrohne ist auf Hexagon Nr. 128 festgelegt. Mit der Aufklärungsdrohne dürfen die Hexagone 102 – 103 – 115 – 116 – 117 – 129 – 130 (Bereich PRT Kunduz und Airfield) nicht überflogen werden. Die betreffenden Hexagone sind entsprechend gekennzeichnet. Da die Aufklärungsdrohne LUNA nur für den Überflug von dünnbesiedelten Gebieten zugelassen ist, ist es dem Spieler Drohnenbediener untersagt, die Stadt Kunduz zu überfliegen, die betreffenden Hexagone 42 – 57 – 58 – 59 – 60 – 69 – 70 – 71 – 72 – 84 – 85 – 86 – 87 – 99 – 100 sind ebenfalls entsprechend gekennzeichnet. Von seinem Standort auf Hexagon Nr. 128 plant der Spieler Drohnenbediener den Überflug der Aufklärungsdrohne und legt, ohne den Startpunkt und die Route der irregulären Kräfte zu kennen, die Abfolge der zu passierenden Hexagone fest. Der Spieler Drohnenbediener hat den ersten Spielzug und darf seinen Spielstein vorrücken. Anschließend erfolgt der erste Spielzug für die irregulären Kräfte in der festgelegten Reihenfolge der zu passierenden Hexagone durch den Spielleiter. Im weiteren Verlauf des Spiels ziehen der Spieler Drohnenbediener und der Spielleiter für die irregulären Kräfte abwechselnd. Da die Fluggeschwindigkeit der Drohne in etwa doppelt so hoch wie die Bewegungsgeschwindigkeit der irregulären Kräfte ist, darf der Spieler Drohnenbediener je Spielzug mit seinem Spielstein um zwei Hexagone vorrücken, während der Spielleiter den Spielstein für die irregu-

lären Kräfte nur um jeweils ein Hexagon je Spielzug entlang der geplanten Route vorrückt. Die Bewegung der irregulären Kräfte ist für den Spieler Drohnenbediener nicht einsehbar. Der Spieler Drohnenbediener hat die Möglichkeit, einen oder mehrere Spielzüge auszusetzen und so mit der Drohne auf einem Hexagon zu verweilen. Es ist ihm jedoch nur gestattet, mit seinem Spielstein außerhalb der markierten Hexagone rund um den Anschlagort zu verweilen, innerhalb des markierten Bereiches muss mit dem Spielstein in jeder Spielrunde ein Spielzug gemacht werden. Ein Verweilen auf dem Hexagon des geplanten Anschlagortes ist ebenfalls nicht möglich. An dieser Stelle wird darauf verwiesen, dass die irregulären Kräfte außerhalb des markierten Bereiches aufgeklärt werden sollen. Gelingt es dem Spieler Drohnenbediener nicht, die irregulären Kräfte am Vorrücken in den Bereich der markierten Hexagone durch frühzeitige Aufklärung zu verhindern, hat er das Spiel verloren. Zieht der Spieler Drohnenbediener mit seinem Spielstein über das Hexagon, auf welchem die irregulären Kräfte stehen, so gelten diese als aufgeklärt, auch wenn der Spielzug des Spielers Drohnenbediener nicht auf diesem Hexagon endet. Der Spieler Drohnenbediener muss bei jedem Spielzug die Nummern der Hexagone benennen, über welche er mit seinem Spielstein zieht.

Festgelegte Routen Spieler irreguläre Kräfte

Route A:

Hexagone 205 – 204 – 203 – 191 – 190 – 202 – 201 – 200 – 199 – 186 – 172 – 159 – 145 – 132 – 118 – 106 → gesamt 15 Spielzüge

Route B:

Hexagone 22 – 21 – 34 – 46 – 45 – 44 – 43 – 30 – 16 – 29 – 41 – 54 – 66 – 79 – 92 – 106 → gesamt 14 Spielzüge

Route C:

Hexagone 75 – 89 – 101 – 100 – 87 – 86 – 72 – 71 – 84 – 83 – 95 – 94 – 108 – 120 – 107 – 106 → gesamt 14 Spielzüge

Abwandlung

Da die Drohne auch bei schlechter Sicht fliegen und aufklären kann, soll dies auch in einer Abwandlung des ursprünglichen Spiels berücksichtigt werden.

Die o.g. Spielregeln bleiben im Kern gleich. Ergänzend kommt hinzu, dass der Spieler Drohnenbediener nach jedem Zug über ein Hexagon für jedes Hexagon einzeln würfelt und somit festlegt, ob die Drohne im Rahmen des jeweiligen Spielzuges aufklären konnte oder keine Sicht hatte. Würfelt der Spieler Drohnenbediener eine 1, 2 oder 3, hatte die Drohne Sicht und konnte aufklären. Würfelt der Spieler Drohnenbediener hingegen eine 4, 5 oder 6, hatte die Drohne für diesen Spielzug keine Sicht und konnte demzufolge auch nicht aufklären. Der Spieler Drohnenbediener kann nun selbst entscheiden, ob er auf dem jeweiligen Spielfeld verbleibt, ggf. noch eine weitere Würfelentscheidung abwartet und so auch erfährt, ob er die irregulären Kräfte aufklären konnte oder ob er die Drohne weiterbewegt.

Spielbretter Wargame

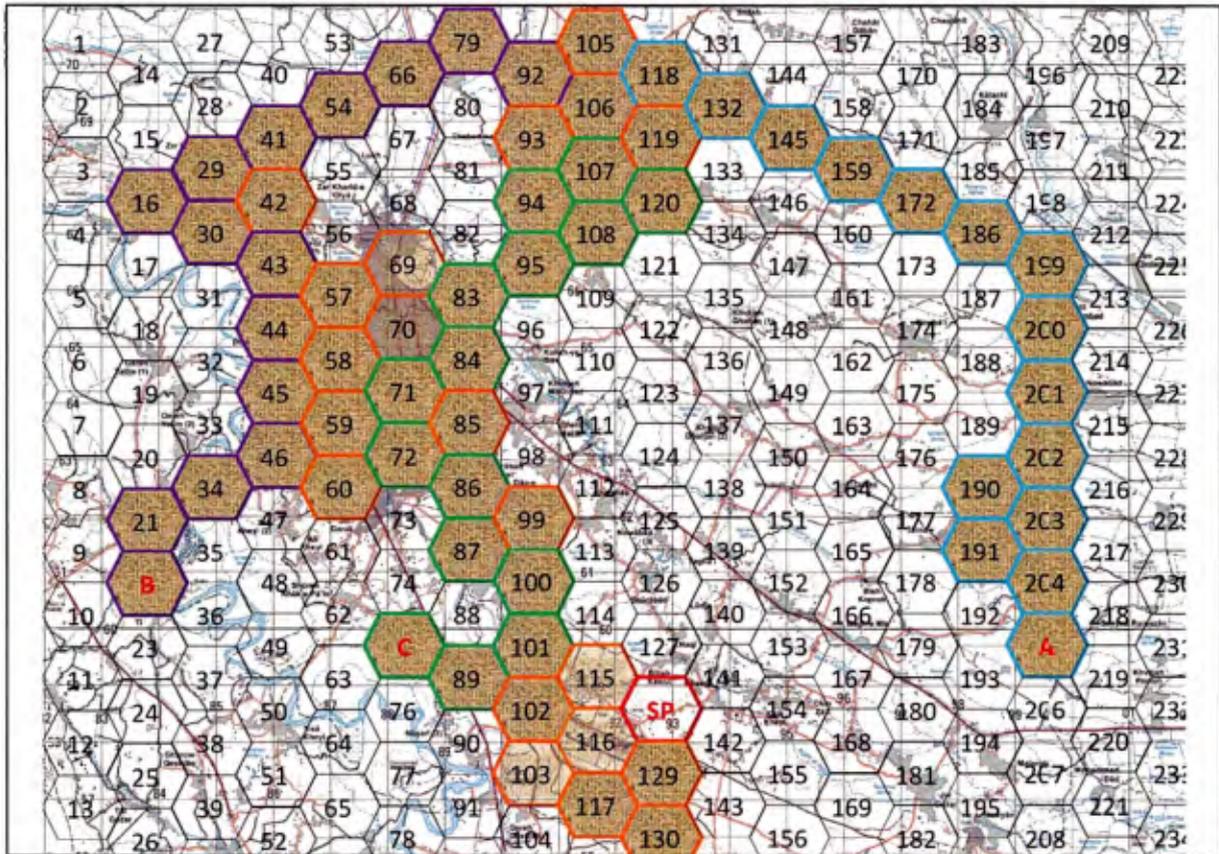


Abbildung 11: Spielbrett Spielleiter

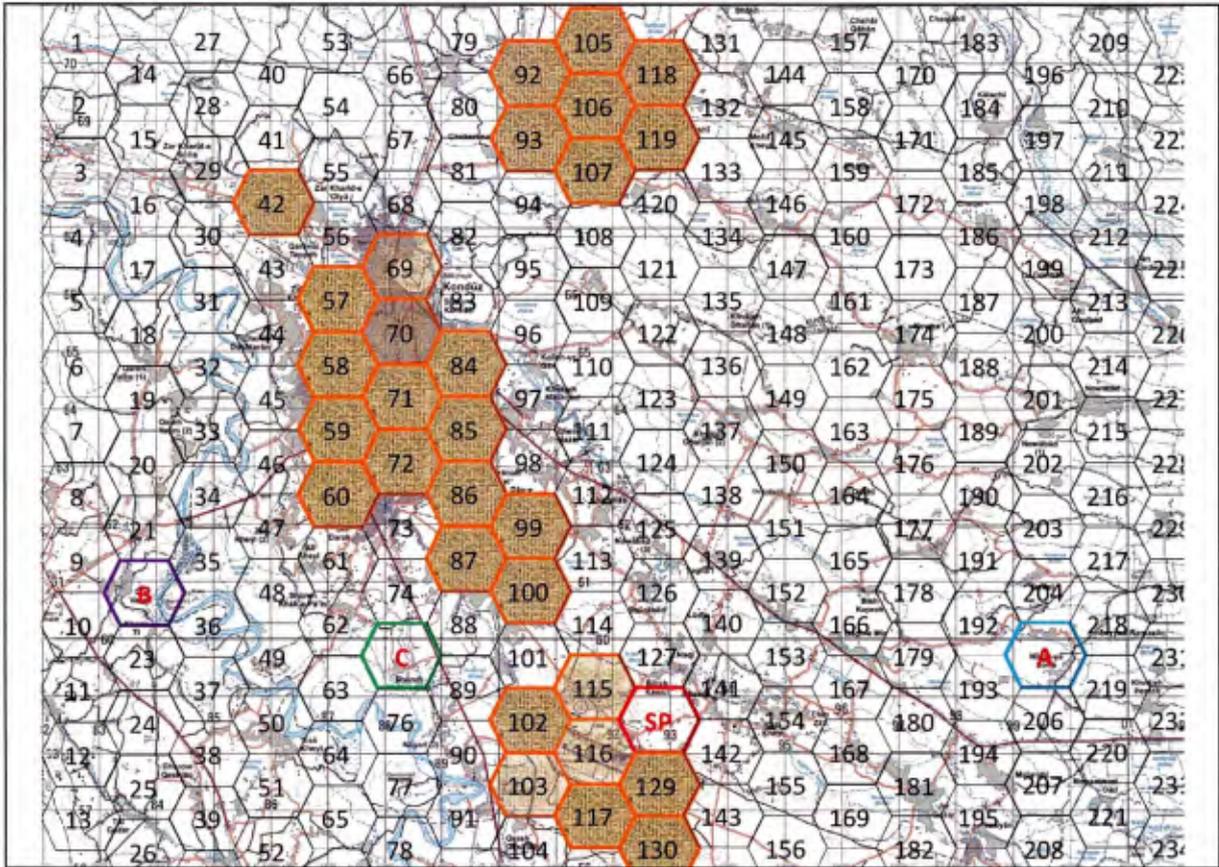


Abbildung 12: Spielbrett Drohnenbediener

Auszug aus der Programmierung des OR-Modells²²²**Model Main_Wargame3 {****MENGEN**

```

Set Timesteps {
  SubsetOf: Integers;
  Index: t;
}
Set Timesteps2 {
  SubsetOf: Timesteps;
  Index: k;
}
Set TimeNeighbour {
  Index: z;
}
Set Route {
  Index: r;
}
Set Steps {
  SubsetOf: Integers;
  Index: s;
}
Set Hexagone {
  Index: h;
}
Set Area {
  SubsetOf: Hexagone;
  Index: a;
}
Set Neighbours {
  Index: n;
}

```

PARAMETER

```

Parameter Epsilon {
  Range: free;
}
Parameter Prob {
  IndexDomain: r;
}
ElementParameter TimeN {
  IndexDomain: (t,z);
  Range: Timesteps;
}
ElementParameter RouteS {
  IndexDomain: (r,s);
}

```

²²² Vgl. Johannsmann, Leonie: Optimierte Flugroutenplanung des Wargames „Enhanced LUNAWarrior“, S. 17ff.

```

    Range: Hexagone;
}
ElementParameter StartingPoint {
    Range: Area;
}
ElementParameter NeighboursOfHexa {
    IndexDomain: (h,n);
    Range: Hexagone;
}
VARIABLEN
Variable x {
    IndexDomain: (a,t);
    Range: binary;
}
Variable y {
    IndexDomain: (r,s);
    Range: binary;
}
Variable w {
    IndexDomain: r;
    Range: nonnegative;
}
Variable Reconnaissance(Zielfunktion) {
    Range: free;
    Definition:  $\sum_{s \in Steps} \sum_{r \in Route} Prob_r * (1 - (1 - Epsilon)^s) *$ 
 $y_{(r,s)}$ 
}
Constraint Constraint1 {
    IndexDomain: t;
    Definition:  $\sum_{a \in Area} x_{(a,t)} \leq 1$ 
}
Constraint Constraint2 {
    IndexDomain: (a,k);
    Definition:
 $x_{(a,k)} \leq x_{(a, TimeN_{(k, T_1)})} +$ 
 $\sum_{n \in Neighbours} x_{(NeighboursofHexa_{(a,n)}, TimeN_{(k, T_1)})}$ 
}
Constraint Constraint3 {
    Definition:  $x_{(StartingPoint, '0')} = 1$ 
}
Constraint Constraint4 {
    IndexDomain: (r,s);
    Definition:  $S * y_{(r,s)} \leq \sum_{t \in Timesteps} x_{(RouteS_{(r,t)}, t)}$ 
}
Constraint Constraint5 {

```

```

IndexDomain: r;
Definition:  $\sum_{s \in Steps} \mathcal{Y}(r,s) = 1$ 
}
MathematicalProgram MaxReconniassance {
  Objective: Reconnaissance;
  Direction: maximize;
  Constraints: AllConstraints;
  Variables: AllVariables;
  Type: MIP;
}
Procedure MainInitialization {
  Body: {
    read from file "<prj>:Neighbors.dat";
    read from file "<prj>:SearchArea.dat";
    read from file "<prj>:Time.dat";
    read from file "<prj>:Time2.dat";
    read from file "<prj>:Routen.dat";
  }
}
Procedure MainExecution {
  Body: {
    solve MaxReconniassance;
  }
}
Procedure MainTermination {
  Body: {
    return DataManagementExit();
  }
}
}

```

Berechnungsbeispiele für das OR-Modell²²³

Feld	Timestep	x
128	0	1
115	1	1
114	2	1
113	3	1
112	4	1
111	5	1
110	6	1
109	7	1
95	8	1
82	9	1
68	10	1
55	11	1
42	12	1
30	13	1
43	14	1
56	15	1
55	16	1
67	17	1
68	18	1
82	19	1
83	20	1
96	21	1
109	22	1
121	23	1
134	24	1
133	25	1
132	26	1
119	27	1
107	28	1

Reconnaissance 1.00

Ergebnis OR-Modell mit „falschen“
Parametern (Überflug Hexagon Nr. 42)

Feld	Timestep	x
128	0	1
141	1	1
154	2	1
153	3	1
166	4	1
165	5	1
164	6	1
176	7	1
190	8	1
191	9	1
190	10	1
176	11	1
163	12	1
149	13	1
136	14	1
122	15	1
109	16	1
96	17	1
95	18	1
95	19	1
94	20	1
93	21	1
80	22	1
66	23	1
80	24	1
66	25	1
53	26	1
54	27	1
66	28	1

Reconnaissance 1.00

Ergebnis OR-Modell mit korrigierten
Parametern

²²³ Vgl. Johannsmann, Leonie: Optimierte Flugroutenplanung des Wargames „Enhanced LUNAWarrior“, S. 27.



Feld	Timeste	x
128	0	1
141	1	1
153	2	1
166	3	1
178	4	1
191	5	1
191	6	1
190	7	1
176	8	1
163	9	1
149	10	1
136	11	1
122	12	1
109	13	1
95	14	1
82	15	1
68	16	1
67	17	1
67	18	1
55	19	1
41	20	1
54	21	1
66	22	1
80	23	1
93	24	1
107	25	1
120	26	1
107	27	1
107	28	1

Reconnaissance 0.88

Ergebnis OR-Modell für abgewandelte Form „Nebel“
(Aufklärungswahrscheinlichkeit 88%)

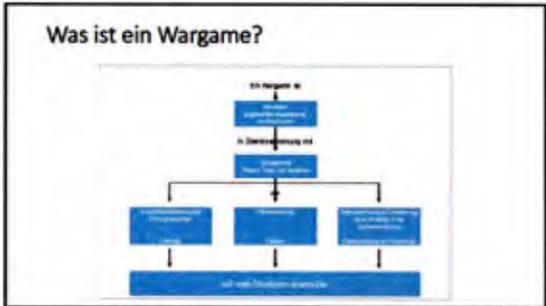
Einweisung der Experimentteilnehmer

Experiment
„Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteinsatzfeldwebel“

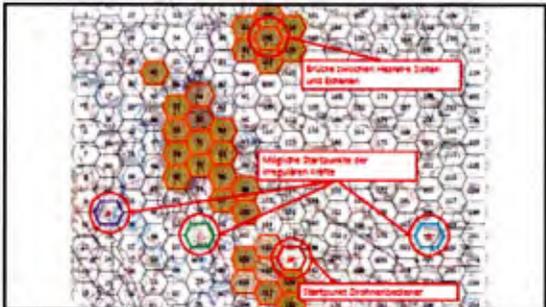


Ablauf des Experimentes

Datum	Ort	Zeit	Thema
11.01.2017	10:00-12:00	10:00-12:00	Einweisung der Teilnehmer zum Experiment
11.01.2017	14:00-17:00	14:00-17:00	Erste Wargame-Sitzung zum Wargame
11.01.2017	14:00-17:00	14:00-17:00	Zweite Wargame-Sitzung zum Wargame
11.01.2017	14:00-17:00	14:00-17:00	Wargame-Sitzung zum Wargame
11.01.2017	14:00-17:00	14:00-17:00	Wargame-Sitzung zum Wargame

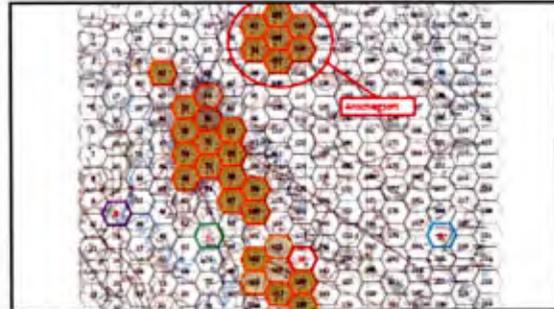


Das Wargame
Irreguläre Kräfte haben in der Region um Kunduz einen terroristischen Anschlag auf die Brücke zwischen Heratze Sotkan und Esharan (Neragon Nr. 106) geplant. Auf welchem Weg die irregulären Kräfte in den Raum Kunduz einfallen, ist nicht abschließend aufgeklärt, es gibt 3 mögliche Routen, die mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten belegt sind. Das militärische Nachrichtennetz des Deutschen ISAF-Kontingentes hat die PRT-Führung des PRT Kunduz über die Anschlagpläne informiert, weitere Informationen liegen bisher nicht vor. Der PRT-Kommandeur beauftragt die Aufklärungsröhre der Schutzkompanie mit dem Drohnerzug Luna Aufklärungsergebnisse zu beschaffen, um die irregulären Kräfte an der Durchführung eines terroristischen Anschlages zu hindern.



Das Ziel des Spiels

Ziel des Spiels ist es, dass der Spieler Drohnenbediener in möglichst wenigen Schritten die irregulären Kräfte auffindig macht, um diese an der Realisierung ihres Auftrages, nämlich der Durchführung des terroristischen Anschlages, zu hindern. Ziel muss es sein, die irregulären Kräfte vor Überschreiten der Hexagone 92 – 93 – 105 – 107 – 115 – 119 aufzuklären, um so die Annäherung an den geplanten Anschlagort zu verhindern. Die Hexagone in diesem Bereich sind auf dem Spielbrett gekennzeichnet. Der Spieler Drohnenbediener hat maximal 14 Spielzüge, um die irregulären Kräfte auffindig zu machen. Gelingt ihm das nicht, hat er das Spiel verloren.

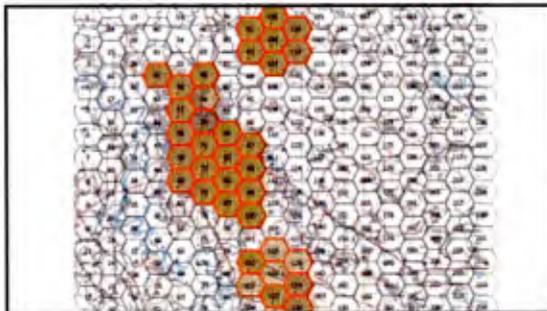


Die Spielregeln

- 2 Spielbretter, 2 Spielsteine (rot & schwarz), Würfel
 - Spieler 1 würfelt, welchen Weg die irregulären Kräfte nutzen:
 - >1, 2 oder 3 ist die Startpunkt (Hexagon Nr. 205) = 50 Prozent
 - >4 oder 5 ist der Startpunkt bei 2 (Hexagon Nr. 22) = 35 Prozent
 - >6 ist 6 (Hexagon Nr. 75) = 15 Prozent
- Der Drohnenbediener kennt nur die Wahrscheinlichkeit, NICHT das Würfelergebnis!!!

Die Spielregeln

- Startpunkt der Aufklärungsdrohne ist auf Hexagon Nr. 128 festgelegt
 - mit der Aufklärungsdrohne dürfen die Hexagone 102 – 103 – 115 – 116 – 117 – 119 – 130 (Bereich PRT Kundu und Airfield) nicht überfliegen werden
 - Aufklärungsdrohne Luna nur für den Überflug von dünnbesiedelten Gebieten zugelassen
 - >Stadt Kundu ist nicht zu überfliegen = Hexagone 42 – 57 – 58 – 59 – 60 – 68 – 70 – 71 – 72 – 84 – 85 – 86 – 87 – 99 – 100
- Die Sperrzonen sind auf dem Spielfeld markiert!

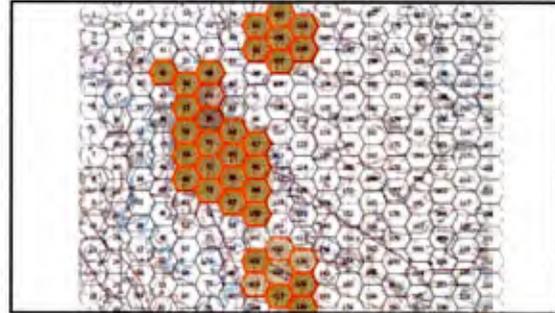


Die Spielregeln

Der Spieler Drohnenbediener hat den ersten Spielzug und darf seinen Spielstein vorücken. Anschließend erfolgt der erste Spielzug für die irregulären Kräfte in der festgelegten Reihenfolge der zu passierenden Hexagone durch den Spielsteiner. Im weiteren Verlauf des Spiels ziehen der Spieler Drohnenbediener und der Spielsteiner für die irregulären Kräfte abwechselnd. Da die Fluggeschwindigkeit der Drohne in etwa doppelt so hoch wie die Bewegungsgeschwindigkeit der irregulären Kräfte ist, darf der Spieler Drohnenbediener je Spielzug mit seinem Spielstein um zwei Hexagone vorrücken, während der Spielsteiner den Spielstein für die irregulären Kräfte nur um jeweils ein Hexagon je Spielzug entlang der geplanten Route vorrückt. Die Bewegung der irregulären Kräfte ist für den Spieler Drohnenbediener nicht einsehbar.

Die Spielregeln

Der Spieler Drohnenbediener hat die Möglichkeit, einen oder mehrere Spielzüge auszusetzen und so mit der Drohne auf einem Hexagon zu verweilen. Es ist ihm jedoch nur gestattet, mit seinem Spielstein außerhalb der markierten Hexagone rund um den Anschlagort zu verweilen, innerhalb des markierten Bereiches muss mit dem Spielstein in jeder Spielrunde ein Spielzug gemacht werden. Ein Verweilen auf dem Hexagon des geplanten Anschlagortes ist ebenfalls nicht möglich. An dieser Stelle wird darauf verwiesen, dass die irregulären Kräfte außerhalb des markierten Bereiches aufgeführt werden sollen. Gelingt es dem Spieler Drohnenbediener nicht, die irregulären Kräfte am Vorwärtren in den Bereich der markierten Hexagone durch höfische Aufklärung zu verhindern, hat er das Spiel verloren.



Die Spielregeln

Abwendung

Da die Drohne auch bei schlechter Sicht fliegen und auflären kann, soll dies auch in einer Abwandlung des ursprünglichen Spiels berücksichtigt werden.
Die e.g. Spielregeln bleiben im Kern gleich. Ergänzend kommt hinzu, dass der Spieler nach jedem Spielzug des Drohnenbedieners würfelt und somit festlegt, ob die Drohne im Rahmen des jeweiligen Spielzuges auflären konnte oder keine Sicht hatte. Würfelt der Spieler eine 1, 2 oder 3, hatte die Drohne Sicht und konnte auflären. Würfelt der Spieler eine 4, 5 oder 6, hatte die Drohne für diesen Spielzug keine Sicht und konnte demzufolge auch nicht auflären. Der Spieler Drohnenbediener kann nun selbst entscheiden, ob er auf dem jeweiligen Spielfeld verbleibt, ggf. noch eine weitere Würfelentscheidung abwartet und so auch erfährt, ob er die irregulären Kräfte auflären konnte oder ob er die Drohne weiterbewegt.

Unterstützung durch ein OR-Modell

Was ist OR?

„Operations Research (OR) ist die Anwendung wissenschaftlicher Methoden, Verfahren und Hilfsmittel auf Probleme betreffend die Arbeitsweise von Systemen mit dem Ziel, den für diese Arbeitsweise Verantwortlichen optimale Lösungen für diese Probleme zu liefern.“

KURZ:

Optimierung, bei der unter anderem mit mathematischer Unterstützung und unter Einsatz von Modellrechnungen Entscheidungsprobleme optimiert werden sollen

Unterstützung durch ein OR-Modell

Optimierung, bei der unter anderem mit mathematischer Unterstützung und unter Einsatz von Modellrechnungen Entscheidungsprobleme optimiert werden sollen

→ Sie als Drohnenbediener müssen eine Entscheidung für den Flugweg der Drohne treffen

→ Das OR-Modell kann Ihnen eine Entscheidungsunterstützung liefern, um den optimalen Flugweg zu finden

→ Es nimmt Ihnen die Entscheidung aber nicht ab!

Ablauf des Experimentts

Werte	OR	Weg	Reaktion
0-10.000	0,00 - 0,02	Erklärung des Regelwerks des Spiels	Quantitative Hilfe Lern-, Lern-, Lern-
10.000-20.000	0,03 - 0,07	Arten, Sorten & Mengen (z.B. 100 Stück)	Quantitative Hilfe Lern-, Lern-, Lern-
20.000-30.000		Arten, Sorten & Mengen (z.B. 100 Stück)	Quantitative Hilfe Lern-, Lern-, Lern-
30.000-40.000		Sortierung in 10er-Teile	Quantitative Hilfe Lern-, Lern-, Lern-
40.000-50.000		Arten, Sorten & Mengen (z.B. 100 Stück)	Quantitative Hilfe Lern-, Lern-, Lern-

WICHTIG!

Das Ganze ist ein Experiment, um die Methode zu testen!

Es geht nicht darum, Ihre planmäßige Leistung im Spiel zu bewerten!

Gewinnen ist schön, aber nicht (alleiniges) Ziel des Experiments!

Sie dürfen bewerten, ob der gewählte Ansatz sinnvoll ist und ob er sich z.B. für Ihre Ausbildung eignen würde!

Sie sollen die Methoden kennenlernen und für Ihre zukünftige Arbeit wissen, dass es diese Methodenunterstützung gibt!



Ablauf des Experiments

Phase	Ziel	Maßnahmen	Erwartung
1. Phase
2. Phase
3. Phase
4. Phase
5. Phase



Protokolle Experiment „Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel“

Protokollbogen																	
Experiment																	
"Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldweibel"																	
Experiment Nr.: A ① ② ③ ④																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Spieler 1</th></tr> <tr><td>Dienstgrad:</td><td>O Fw</td></tr> <tr><td>Einsatz erfahrung:</td><td>%</td></tr> <tr><td>Ausbildung:</td><td>Fluggeräte Eins Fw Luftbild Ausw Fw</td></tr> </table>	Spieler 1		Dienstgrad:	O Fw	Einsatz erfahrung:	%	Ausbildung:	Fluggeräte Eins Fw Luftbild Ausw Fw	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Spieler 2</th></tr> <tr><td>Dienstgrad:</td><td>Su (FA)</td></tr> <tr><td>Einsatz erfahrung:</td><td>%</td></tr> <tr><td>Ausbildung:</td><td>Fw Lg Fluggeräte Eins Fw</td></tr> </table>	Spieler 2		Dienstgrad:	Su (FA)	Einsatz erfahrung:	%	Ausbildung:	Fw Lg Fluggeräte Eins Fw
Spieler 1																	
Dienstgrad:	O Fw																
Einsatz erfahrung:	%																
Ausbildung:	Fluggeräte Eins Fw Luftbild Ausw Fw																
Spieler 2																	
Dienstgrad:	Su (FA)																
Einsatz erfahrung:	%																
Ausbildung:	Fw Lg Fluggeräte Eins Fw																
Wargame ohne OR-Unterstützung:																	
①																	
Wargame mit OR-Unterstützung:																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3">OR-Ustg genutzt</th></tr> <tr> <td style="width: 33%;">Ja</td> <td style="width: 33%;">Nein</td> <td style="width: 33%;">Teilweise</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">②</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		OR-Ustg genutzt			Ja	Nein	Teilweise	②									
OR-Ustg genutzt																	
Ja	Nein	Teilweise															
②																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3">Wargame mit "Kriegsnebel":</th></tr> <tr><th colspan="3">OR-Ustg genutzt</th></tr> <tr> <td style="width: 33%;">Ja</td> <td style="width: 33%;">Nein</td> <td style="width: 33%;">Teilweise</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">③ ④</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Wargame mit "Kriegsnebel":			OR-Ustg genutzt			Ja	Nein	Teilweise	③ ④						
Wargame mit "Kriegsnebel":																	
OR-Ustg genutzt																	
Ja	Nein	Teilweise															
③ ④																	
} vollständiges Verlassen auf OR-Ustg																	
Sonstige Beobachtungen																	
Ziel des Spiels erreicht?																	
Ja: ② ③ ④ Nein: ①																	
③+④ → irreg Kräfte gefunden und durch Würfelergebnis auch angeklagt																	
Kommunikation der Spieler untereinander: ① ausführlich jeden Spielzug besprochen; gleichberechtigte Kommunikationspartner; ② kurze Absprache, wie weit der eig Kräfte ausweichen könnte → auch so bei ③+④																	
Planungsverhalten:																	
① jeden aktuellen und den jeweils nächsten Spielzug geplant; Festlegung auf A als Startpt. irreg Kräfte																	
② keine Planung → auch so bei ③+④																	
Spiel verstanden?																	
Ja																	

Protokollbogen																	
Experiment																	
"Wargame gestützte Ausbildung für Fluggeräteeinsatzfeldwebel"																	
Experiment Nr.: 3 ① ② ③																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Spieler 1</th></tr> <tr><td>Dienstgrad:</td><td>Hrw</td></tr> <tr><td>Einsatz erfahrung:</td><td>%</td></tr> <tr><td>Ausbildung:</td><td>Fluggeräte Eins Fw LUNA / K20 Luftbild Ausw Fw</td></tr> </table>	Spieler 1		Dienstgrad:	Hrw	Einsatz erfahrung:	%	Ausbildung:	Fluggeräte Eins Fw LUNA / K20 Luftbild Ausw Fw	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><th colspan="2" style="text-align: center;">Spieler 2</th></tr> <tr><td>Dienstgrad:</td><td>Hrw</td></tr> <tr><td>Einsatz erfahrung:</td><td>%</td></tr> <tr><td>Ausbildung:</td><td>Fluggeräte Eins Fw LUNA Fluggeräte Bed Fw LUNA/K20 Luftbild Ausw Fw</td></tr> </table>	Spieler 2		Dienstgrad:	Hrw	Einsatz erfahrung:	%	Ausbildung:	Fluggeräte Eins Fw LUNA Fluggeräte Bed Fw LUNA/K20 Luftbild Ausw Fw
Spieler 1																	
Dienstgrad:	Hrw																
Einsatz erfahrung:	%																
Ausbildung:	Fluggeräte Eins Fw LUNA / K20 Luftbild Ausw Fw																
Spieler 2																	
Dienstgrad:	Hrw																
Einsatz erfahrung:	%																
Ausbildung:	Fluggeräte Eins Fw LUNA Fluggeräte Bed Fw LUNA/K20 Luftbild Ausw Fw																
① Wargame ohne OR-Unterstützung: <input checked="" type="checkbox"/>																	
Wargame mit OR-Unterstützung:																	
OR-Ustg genutzt																	
Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/> Teilweise <input type="checkbox"/>																
②																	
→ Versuch, sich komplett auf Computerunterstützung zu verlassen																	
Wargame mit "Kriegsnebel":																	
OR-Ustg genutzt																	
Ja <input type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/> Teilweise <input type="checkbox"/>																
③																	
Sonstige Beobachtungen																	
Ziel des Spiels erreicht?																	
Ja: ①	Nein: ② ③																
③ irreg. Kräfte zwar gefunden, aber aufgr. Würfelergbnis nicht aufgekärt																	
Kommunikation der Spieler untereinander:																	
①+③ → sehr gute Kommunikation bei Spiel ohne OR-Ustg.; gleichberechtigte Kommunikationspartnes; bei OR-Ustg nur kurz besprochen, wie irreg. Kräfte + eig. Kr. sich bewegen könnten																	
Planungsverhalten:																	
①+③ → Vorausschauende Planung, wie irreg Kräfte fahren könnten → Vorausplanung mehrerer Schritte; gemeinsame Entscheidungsfindung																	
② keine Planung																	
Spiel verstanden?																	
Ja																	

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Masterthesis

„Bewährtes zu Neuem verknüpfen - Wissenschaftliche Methoden für die Streitkräfte des 21. Jahrhundert“

selbständig, ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Mit einer Auswertung durch das Bundesministerium der Verteidigung bin ich einverstanden.

Hamburg, _____

Datum

Sandra Matuszewski, Major

Vorname, Name, Dienstgrad, Unterschrift